



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

**ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA
EN CONCRETO DEL CONCESIONARIO AUTOMOTRIZ FORD AV BOYACÁ
170-97 CON LA INCLUSIÓN DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS Y LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM**

**LUIS ALBERTO ÁLVAREZ ZULUAGA
YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2020**

**ANÁLISIS DE COSTO Y TIEMPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLACA
EN CONCRETO DEL CONCESIONARIO AUTOMOTRIZ FORD AV BOYACÁ
170-97 CON LA INCLUSIÓN DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS Y LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM**

**LUIS ALBERTO ÁLVAREZ ZULUAGA
YUDY MARIBEL SILVA SIEMPIRA**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Especialista en Gerencia de Obras**

**Dirección del Proyecto
HEBERTO RINCON RODRIGUEZ
Ingeniero Civil
JUAN SEBASTIÁN VARGAS GARCIA
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2020**

Agradecimientos y dedicatoria.

Agradecimiento especial al Ingeniero Juan Sebastián Vargas, al Ingeniero Heberto Rincón, por sus contribuciones y guía en el desarrollo de este trabajo, a nuestras familias por su comprensión, acompañamiento, respaldo para la realización del presente proyecto y de esta manera obtener el título como especialistas en la Gerencia de Obra.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. GENERALIDADES	10
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	11
1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACION	13
1.4.1 Variables del problema	13
1.5 JUSTIFICACIÓN	13
1.6 HIPÓTESIS	14
1.7 OBJETIVOS	14
1.7.1 Objetivo general	14
1.7.2 Objetivos específicos	14
1.8 CRONOGRAMA	15
2. MARCOS DE REFERENCIA	17
2.1 MARCO CONCEPTUAL	17
2.2 MARCO TEÓRICO	20
2.2.1 Utilización de las fibras en el concreto	20
2.2.2 Aplicación de la Metodología BIM	24
2.3 MARCO JURÍDICO	25
2.4 MARCO GEOGRÁFICO	27
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO	27
2.6 ESTADO DEL ARTE	27
3. METODOLOGÍA	32
3.1 FASES DEL TRABAJO	32
3.1.1 Fase 1. Revisión constante de literatura del proyecto	32
3.1.2 Fase 2. Desarrollo de los costos y tiempos del proyecto con macro fibras y la metodología BIM	32
3.1.3 Fase 3. Desarrollo del modelo BIM 5d: 3d, 4d, 5d y Naviswork comparativo	35
3.1.4 Fase 4 – Utilidad	35
3.1.5 Fase 5. Sugerencias para el desarrollo de losas de contrapiso con macro fibras y BIM	35
3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS	35
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	36

3.4.1 Alcances	36
3.4.2 Limitaciones	36
4. PRODUCTO A ENTREGAR	37
5. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS	38
5.1 EVALUACION DE COSTOS Y TIEMPO CON MACROFIBRAS SINTETICAS Y LA METODOLOGIA BIM	38
5.1.1 DATOS DEL PROYECTO	38
5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO PROPUESTO	52
5.2.1. PLANOS EN FORMATO AUTOCAD® (2D)	52
5.2.2 MODELACIÓN DEL PROYECTO EN REVIT (3D)	55
5.2.3 PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO EN PROJECT (4D) TIEMPO Y COSTOS	59
5.2.4 MODELACIÓN DEL PROYECTO EN NAVISWORK (5D)	62
5.3 COMPARACION COSTO Y TIEMPO, EMPLEANDO MACROFIBRAS SINTÉTICAS Y LA BIM VS. LOSAS DE CONTRA PISO CON MALLA ELECTROSOLDADA	65
5.3.1 COMPARACION DE COSTOS	65
5.3.2 COMPARACION DE TIEMPOS	69
5.4 ANALIZAR LA UTILIDAD GENERADA EMPLEANDO MACRO FIBRAS EN CONCRETO Y SU IMPLEMENTACIÓN CON LA METODOLOGÍA BIM	71
5.4.1 FLUJO DE CAJA	73
5.4.2 COSTOS Y GASTOS DE OPERACIÓN	74
5.4.3 INGRESOS	76
5.4.4 CALCULO DEL VPN Y LA TIR	76
5.5 RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MACRO FIBRAS Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM	77
5.5.1 RECOMENDACIONES TECNICAS	77
5.5.2 RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL BIM	78
6. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN	79
7. NUEVAS AREA DE ESTUDIO	80
8. CONCLUSIONES	81
9. BIBLIOGRAFIA	83

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Presupuesto	16
Cuadro 2. Macro Fibras para estudio	23
Cuadro 3. Normas estandarizadas de macro fibras	25
Cuadro 4. Dosificación de Fibras Maxten	33
Cuadro 5. Ficha Técnica Macro Fibras Forte	34
Cuadro 6. Ficha Técnica Macro Fibras Fibraplast	34
Cuadro 7. Presupuesto con malla	40
Cuadro 8. Programación con malla	41
Cuadro 9. Presupuesto con Fibraplas	42
Cuadro 10. Programación con Fibraplas	43
Cuadro 11. Presupuesto con fibra Forta	44
Cuadro 12. Programación con fibra Forta	45
Cuadro 13. Presupuesto con fibra Maxten	46
Cuadro 14. Programación con fibra Maxten	47
Cuadro 15. Presupuesto con fibra Sikafiber AD	48
Cuadro 16. Programación con fibra Sikafiber AD	49
Cuadro 17. Presupuesto con fibra Tuf Strand	50
Cuadro 18. Programación con fibra Tuf Strand	51
Cuadro 19. Comparativo de costos directos	66
Cuadro 20. Comparativo de costos incluyendo la metodología BIM	67
Cuadro 21. Resumen comparativo de costos	68
Cuadro 22. Comparación de Tiempos	69
Cuadro 23. Flujo de Inversiones	73
Cuadro 24. Gastos de Construcción	74
Cuadro 25. Gastos de Servicios y Pólizas	75
Cuadro 26. Gastos de Personal (Modelación BIM)	75
Cuadro 27. Resumen Flujo de Inversión	75
Cuadro 28. Flujo de Operaciones	76
Cuadro 29. Determinación del VPN y TIR	77

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cronograma	15
Figura 2. Losa en concreto con malla electro soldada	18
Figura 3. Concreto reforzado con fibras	19
Figura 4. Proceso Building Information Modeling	20
Figura 5. Fibra de acero	21
Figura 6. Fibra de Vidrio	22
Figura 7. Fibra Sintética	23
Figura 8. Modelación BIM	25
Figura 9. Localización del proyecto	27
Figura 10. Concreto con macro fibras	28
Figura 11. Tipos de Macro Fibras	30
Figura 12. Reemplazo de la Malla electro soldada	31
Figura 13. Fase 1. Revisión constante de literatura del proyecto	32
Figura 14. Planos de planta.	53
Figura 15. Plano placa de contrapiso	53
Figura 16. Plano placa segundo piso	54
Figura 17. Plano de cubierta	54
Figura 18. Modelación de la Cimentación	55
Figura 19. Modelación de la placa ($e=0.12$ m) primer piso	56
Figura 20. Modelación de la placa del primer piso	56
Figura 21. Modelación de la placa del segundo piso	57
Figura 22. Modelo 3D del edificio (Muros y Fachadas)	57
Figura 23. Modelo 3D del edificio	58
Figura 24. Renderizado exportado del Autodesk Revit®	58
Figura 25. Programación base del proyecto con malla electrosoldada	60
Figura 26 Programación base del proyecto utilizando macrofibras	61
Figura 27. Vista en perspectiva del proyecto	62
Figura 28. Selección de Conjuntos	63
Figura 29. Obtención de la línea de tiempo (Time Liner)	64
Figura 30. Comparación de Costos	68
Figura 31. Comparación de tiempos	70
Figura 32. Evaluación de los costos y tiempos de las diferentes alternativas.	70
Figura 33. Representación de la TIR	73
Figura 34 Curva "S" del Proyecto	76

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han venido implementando metodologías para la buena gestión de la construcción y el control de las mismas, en este proceso resultan variables importantes para analizar, como los materiales usados, su durabilidad, el costo, la afectación al medio ambiente y la vida útil. Para esta gestión se ha pretendido incluir desde la planeación la utilización de materiales que le den un valor agregado a las construcciones y que le permitan su funcionamiento a largo plazo.

Así mismo, uno de los problemas constantes en la elaboración de los concretos hidráulicos es la fisuración la cual puede presentarse por varios motivos. La variación de la temperatura en el proceso de fraguado, los errores en la colocación del refuerzo, el desarrollo de un buen curado y diferentes factores externos, los cuales conllevan al deterioro de las estructuras, estos inconvenientes se pueden compensar agregando barras de refuerzo y/o fibras de acero, y más recientemente, fibras macro sintéticas.¹

Dentro del creciente desarrollo de nuevas tecnologías en la construcción se pretenden corregir errores en los procesos constructivos, buscando así agilizar y simplificar la logística en mano de obra y de esta forma disminuir los costos. Se encontró que para el concreto hidráulico se ha implementado la utilización de diferentes tipos de fibras, entre ellas las macro fibras sintéticas, las cuales se utilizan en reemplazo de los refuerzos de acero o mallas electro soldadas. El concreto reforzado con macro fibras presenta buenas características mecánicas, ya sea a flexión como a compresión, en donde en la mayoría de los casos la tendencia fue el aumento de la resistencia y la disminución del problema de fisuramiento².

El concreto con macro fibras tiene la capacidad de otorgar un reforzamiento multidireccional dando como resultado el incremento de la resistencia a la flexión, tenacidad a los esfuerzos, la resistencia al impacto y la abrasión, para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en el concreto y por deformación elástica en la etapa de servicio.³

Por esta razón, toda empresa requiere de información acertada y muy completa a la hora de utilizar materiales desarrollados con nuevas tecnologías que le permitan a largo plazo cuidar su inversión en sus proyectos donde el concreto es el material

¹ LERCH, J; BESTER; S; VAN ROOYEN, D; COMBRINCK, R.; DE VILLIERS,W; BOSHOF;W.The Effect of Mixing on the Performance of Macro Synthetic Fibre Reinforced Concrete. En: Cement and Concrete Research. Jan, 2018. Vol.103, No. 21, p.130

² AMAYA, Santiago y RAMIREZ Miguel. Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Trabajo de grado, 2019, p12

³ ABACOL. Macrofibras sintéticas para el concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3, febrero, 2020]. Disponible en Internet: < URL: http://www.abacol.co/assets/fibraplas-concrete_libro_baja.pdf>

de mayor uso. Para cumplir con las expectativas a nivel general se debe estructurar una investigación muy completa que integre las variables que alteran el costo y tiempo y que permitan a los interesados tomar decisiones que no afecten el valor total de sus presupuestos y que adicionalmente garanticen obras durables y con buenas especificaciones técnicas.

Es por eso que el objetivo de este trabajo es verificar la alternativa económica para el uso de concreto con la inclusión de macro fibras sintéticas como reemplazo de la malla electro soldada en la construcción de la placa de contrapiso del proyecto del concesionario Ford de la Av. Boyacá con 170. Para esto, se analizarán las macro fibras sintéticas disponibles, aplicaciones, variabilidad en el costo del concreto con adición de macro fibra, las dosificaciones y sus rendimientos son los elementos a conocer dentro de las alternativas que pueden ser implementadas.

Adicionalmente y mediante la implementación de la modelación BIM, (Building Information Modeling), proceso utilizado para simular un proyecto de construcción en un modelo digital multidimensional, el cual proporciona variedad de beneficios a los proyectos⁴; se pretende ampliar el conocimiento utilizando las ventajas de esta metodología aplicándolas al proyecto en estudio, referente a las 5D, que son: 3D diseño tridimensional de la estructura, 4D costo, 5D Tiempo, todas estas dimensiones se integran para desarrollar la simulación general del proceso constructivo del proyecto.

El modelo BIM se construye en primer lugar de acuerdo con los planos estructurales, el esquema de construcción y las especificaciones técnicas de construcción de la estructura principal; luego, se determina el uso de materiales complementarios y su dosificación, y se generan los planos de construcción y de procesamiento para la compra.⁵

En estudios realizados se han determinado los beneficios en la utilización del BIM entre los cuales se destacan, el incremento de la productividad y eficiencia, evaluación del tiempo y los costos asociados con los cambios en el diseño, la eliminación de conflictos en el diseño, la mejora de la comunicación entre las partes, la integración de la planificación y el cronograma y realizar el monitoreo y seguimiento del progreso durante la construcción⁶.

⁴ FOUNTAIN, James; LANGARA, Sandeep. Building Information Modeling (BIM) Outsourcing Among General Contractor; En: Automation in Construction. November, 2018.Vol.95, No. 21,p.107

⁵ HAITAO, Wei; SHUNYI, Zheng; LIKE, Zhao; RONGYONG, Huang. BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. En: Automation in Construction. June, 2017. Vol 78, No.26, p.62.

⁶ AL-ASHMORI, Yasser Yahya ; OTHMAN, Idris ; RAHMAWATI Yani; RAHMAWATI, Mugahed ; ABO SABAH ,S ; RAFINDADI, Aminu and MIKIC, Miljan. BIM Benefits and its Influence on the BIM Implementation in Malaysia. En: Ain Shams Engineering Journal, Elsevier BV on behalf of Faculty of Engineering.June, 2014.Vol 56. No. 29,p.33

1. GENERALIDADES

1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación es gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales y el tipo de investigación es comparativa y analítica, porque se plantea desarrollar un comparativo en costo y tiempo de la construcción de la placa de contrapiso del Concesionario Ford ubicado en la Avenida Boyacá con calle 170, evaluando su construcción en concreto hidráulico con refuerzo en acero frente al concreto hidráulico con inclusión de macro fibras, realizando la implementación del proyecto mediante el uso de la metodología BIM.

El propósito de aplicarlo a un proyecto tipo, es poder dar unas recomendaciones a la empresa, organizaciones y su gestión integral, y así iniciar el proyecto de construcción para placas, la utilización de macro fibras y la implementación de la metodología BIM

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el desarrollo de las obras civiles ha sido predominante la utilización del concreto armado, lo que ha implicado la preparación de las técnicas para que desde el diseño hasta la finalización de la construcción se apliquen las normativas y especificaciones que unidas a las nuevas tecnologías den como resultado obras seguras, duraderas y se logre la reducción de costos y materiales. En ocasiones estos atributos se ven afectados por una de las patologías más significativas que caracteriza las obras de hormigón, nos referimos a las grietas y fisuras, las cuales por sus condiciones superficiales de aspecto, inciden directamente en lo funcional, siendo esta una de las razones de más peso en la durabilidad de una estructura⁷, situación que obliga a realizar mantenimientos constantes que generan sobrecostos.

Sin embargo, muchos de estos problemas pueden planificarse desde la gestión del proyecto, con la utilización de materiales, con nuevas tecnologías y calculando la variabilidad en costo y viabilidad económica.

El hormigón sufre fallas debido a su baja resistencia a la tracción. Este inconveniente se puede compensar agregando barras de refuerzo y/o fibras de acero, y más recientemente, las macro fibras sintéticas⁸.

En investigaciones realizadas, las muestras de concreto reforzadas con macro

⁷ TOIRAC, José. Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón origen y prevención. En: Ciencia y Sociedad. Enero-marzo,2004. Vol.29, No.9, p.72

⁸ LERCH, J ; VAN ROOYEN,A ; COMBRINCK,R ; DE VILLIERS,W and BOSHOF,W. The effect of mixing on the performance of macro synthetic fibre reinforced concrete. En: Cement and concrete research. June, 2018. Vol. 103, No. 103, p.43

fibras, en general, presentaron unas buenas características mecánicas en el concreto, ya sea a flexión como a compresión, en donde en la mayoría de los casos la tendencia fue que aumentará la resistencia y que se disminuyera el problema de fisuramiento⁹.

Las fibras macro sintéticas mejoran la respuesta del hormigón en tensión, mejorando en última instancia su comportamiento estructural, lo que lleva a reemplazar total o parcialmente los refuerzos convencionales en los elementos estructurales¹⁰, sin embargo es necesario realizar su evaluación económica y financiera en el desarrollo de los proyectos, con el fin de revisar si con la implementación de estas fibras se pueden optimizar los proyectos de construcción y disminuir los reprocesos, mejorando los rendimientos de costo y tiempo.

Adicionalmente y teniendo en cuenta que los esfuerzos de investigación han demostrado que la simulación por computadora es una herramienta útil de apoyo en la toma de decisión para proyectos de construcción¹¹, se requiere aprovechar las posibilidades que ofrece la metodología BIM, la cual permite que mediante la ejecución de la construcción virtual de los proyectos se pueda obtener la información de las condiciones técnicas y físicas de los elementos constructivos y acceder a los planos, cálculos, detalles constructivos, costos, planificaciones de tiempo, entre otros.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Como es sabido la construcción de estructuras de concreto armado consume grandes cantidades de refuerzo de acero y hormigón, lo que ha generado buscar la optimización del diseño estructural por parte de los académicos y la industria para generar un impacto ambiental mínimo¹², por lo que es importante el uso de materiales alternativos para construcción.

En la construcción de placas los problemas más frecuentes para la utilización de concreto rígido es que las especificaciones técnicas sobrepasan los costos estimados a comparación de otros materiales como el asfalto, sin embargo, a través de varios ensayos y tesis de grado¹³ se ha podido demostrar la mejora de la capacidad de trabajo que tiene el concreto reforzado con macro fibras ofreciendo

⁹ AMAYA, Op. cit., p. 54.

¹⁰ KOTTECHA, Payal and ABOLMAALI, Ali. Macro synthetic fibers as reinforcement for deep beams with discontinuity regions: Experimental investigation. En: Engineering Structures. December, 2019. Vol.200, No.5, p.19.

¹¹ ABDELMEGIDA, M; GONZÁLEZ, V; POSHDAR, M; SULLIVAN, M; WALKER, C and YING, F. Barriers to adopting simulation modelling in construction industry. En: Automation in Construction. March, 2020. Vol. 111, No. 23, p.33

¹² AFZAL, Muhammad; LIU, Yuhang; CHENG, Jack, C ; GAN, Vincent, J. Reinforced concrete structural design optimization: A critical review. En: Journal of Cleaner Production. July, 2020. Vol. 260, p.33

¹³ TORRES Vargas, Diego Alexander; Determinación de la Resistencia Residual Promedio (Análisis Postfisuración) del Concreto Reforzado con Fibra Sintética de PET+PP; Universidad Católica de Colombia. 2017

un mejor servicio y durabilidad.

En los últimos años, el uso de macro fibras ha tenido un auge importante en Colombia, sin embargo, esta técnica no es nueva en el mundo de la construcción; de hecho, se remonta muchos años antes de la aparición del cemento Portland y del concreto, cuando se utilizaban diferentes materiales que eran agregados al adobe con el fin de evitar la fisuración y mejorar la resistencia a tensión.

Utilizar fibras en los concretos surge de la necesidad de controlar los problemas de fisuras y agrietamientos constantes que casualmente afectan la durabilidad del concreto. Para ello se han propuesto varios diseños de mezcla donde se incluyen las macro fibras sintéticas como refuerzo secundario para el control de la retracción plástica y el agrietamiento por temperatura y asentamientos. El uso de estas fibras pretende reducir el tamaño de las fisuras y funcionar como reemplazo de las mallas electro soldadas en muchos casos¹⁴.

Las macro fibras generalmente son de materiales como acero, vidrio, materiales sintéticos o naturales (fique y otros), los cuales se utilizan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Las fibras actúan como malla electro soldada y varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento, con el beneficio del incremento de la resistencia al impacto y a la fatiga.

De otra parte, la implementación de la modelación de información de construcción (BIM) brinda muchos beneficios para las diferentes partes interesadas, pero la forma de evaluar los beneficios ha sido un problema sin resolver¹⁵, por lo que mediante los resultados de investigación y la evaluación de los beneficios que aporta el BIM puede ayudar a los sectores público y privado que han percibido el valor de BIM y desean implementar esta modelación.

Se sabe que la planificación efectiva de los trabajos desempeña un papel crucial en la planificación y la programación de las actividades de construcción¹⁶, por lo que es posible mejorar el proceso habitual de planificación de trabajo mediante la simulación de las actividades de construcción utilizando tecnologías de realidad virtual y Modelado de Información de construcción (BIM). A pesar de la creciente adopción del modelado de información de construcción para hormigón armado, existe una falta de investigación para identificar los requisitos del sistema para que las plataformas BIM realicen de manera eficiente diversas actividades en toda la

¹⁴ Sika, COLOMBIA SAS. Fisuración del concreto y refuerzo secundario. Consideraciones iniciales. Bogotá: Sika Colombia, 2028. p.33.

¹⁵ YANG, Jyh-Bin and CHOU, Hung-Yu. Subjective benefit evaluation model for immature BIM-enabled stakeholders. En: Automation in Construction. Volume 106, October 2019,

¹⁶ GETULIA Vito, CAPONE Pietro, BRUTTINI Alessandro, ISAAC Shabtai. BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. En: Automation in Construction. June, 2019. Vol.114, No. 56,p. 29

cadena de suministro del refuerzo¹⁷.

1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Qué tan viable en costo y tiempo es para el proyecto implementar macro fibras sintéticas en los concretos de placas de contrapiso, comparado al concreto reforzado con acero?

1.4.1 Variables del problema

- Concretos con macro fibras sintéticas
- Tipo de macro fibras sintéticas
- Aplicaciones en elementos estructurales
- Building Information Modeling - BIM

1.5 JUSTIFICACIÓN

Generalmente en la construcción de losas en concreto se ha utilizado la malla electro-soldada como un refuerzo bidimensional, el cual se conforma de dos elementos (barras o alambres), uno longitudinal y otro transversal, que se cruzan entre si perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldaduras eléctricas, sin embargo, la instalación de esta malla implica trabajos como su correcta postura, las fijaciones con la armadura principal y otras tareas adicionales a esta actividad, que significan un tiempo considerable en el desarrollo de la obra; con la utilización de las macro fibra, producto que se aplica en el proceso de elaboración del concreto como un componente más y que son capaces de aumentar la tenacidad en el hormigón, se puede considerar la optimización de tiempo de ejecución y mejorar la planificación de una obra.

En el presente trabajo se pretende analizar las ventajas que pueden obtenerse al utilizar las macro fibras sintéticas, verificando mediante un comparativo económico si puede obtenerse una mejor utilidad en el proyecto en estudio. Así mismo se incluye el análisis de la diversidad de productos, en cuanto a micro fibras se refiere, que ofrece actualmente el mercado colombiano, de tal manera que se analicen las opciones económicas, dirigidas al reemplazo del refuerzo estructural para la construcción de placas de piso en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta que el modelado de información de construcción (BIM) ha demostrado ser valioso al aumentar la satisfacción reuniendo los procesos y disminuyendo los problemas de terminación¹⁸, a través de las ventajas al obtener

¹⁷ ARAM, Shiva; EASTMAN, Charles and SACKS, Rafael. Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain. En: Automation in Construction. November. 2013. Vol.35, No. 45,p.5

¹⁸ MEHRBOD, S; STAUB-FRENCH; S and TORY, M. Bim-based building design coordination: Processes, bottlenecks, and considerations, En: Canadian Journal of Civil Engineering, June. 2019. Vol. 47, No. 32, p. 25

una visión general clara del sistema de construcción del edificio, evaluar la coherencia espacial de las redes, la evaluación de las interferencias para mantener la funcionalidad o la estética de los entornos construidos¹⁹. El presente trabajo analiza los procedimientos BIM con referencia particular a la inclusión de macro fibras en la construcción de la placa de piso, a sus características de desempeño y gestión.

Como futuros gerentes de obras es importante fomentar el uso e implementación de nuevas tecnologías dando herramientas para la incorporación de estos sistemas que se están viendo implementados en la construcción de obras civiles.

1.6 HIPÓTESIS

Es factible que con la inclusión de macro fibras en el concreto hidráulico se reduzcan los costos en la ejecución de placas de contrapiso y se disminuyan los tiempos en obra.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo general

Analizar el costo y tiempo en la implementación de macro fibras sintéticas en los concretos de losas de contrapiso empleando la metodología BIM.

1.7.2 Objetivos específicos

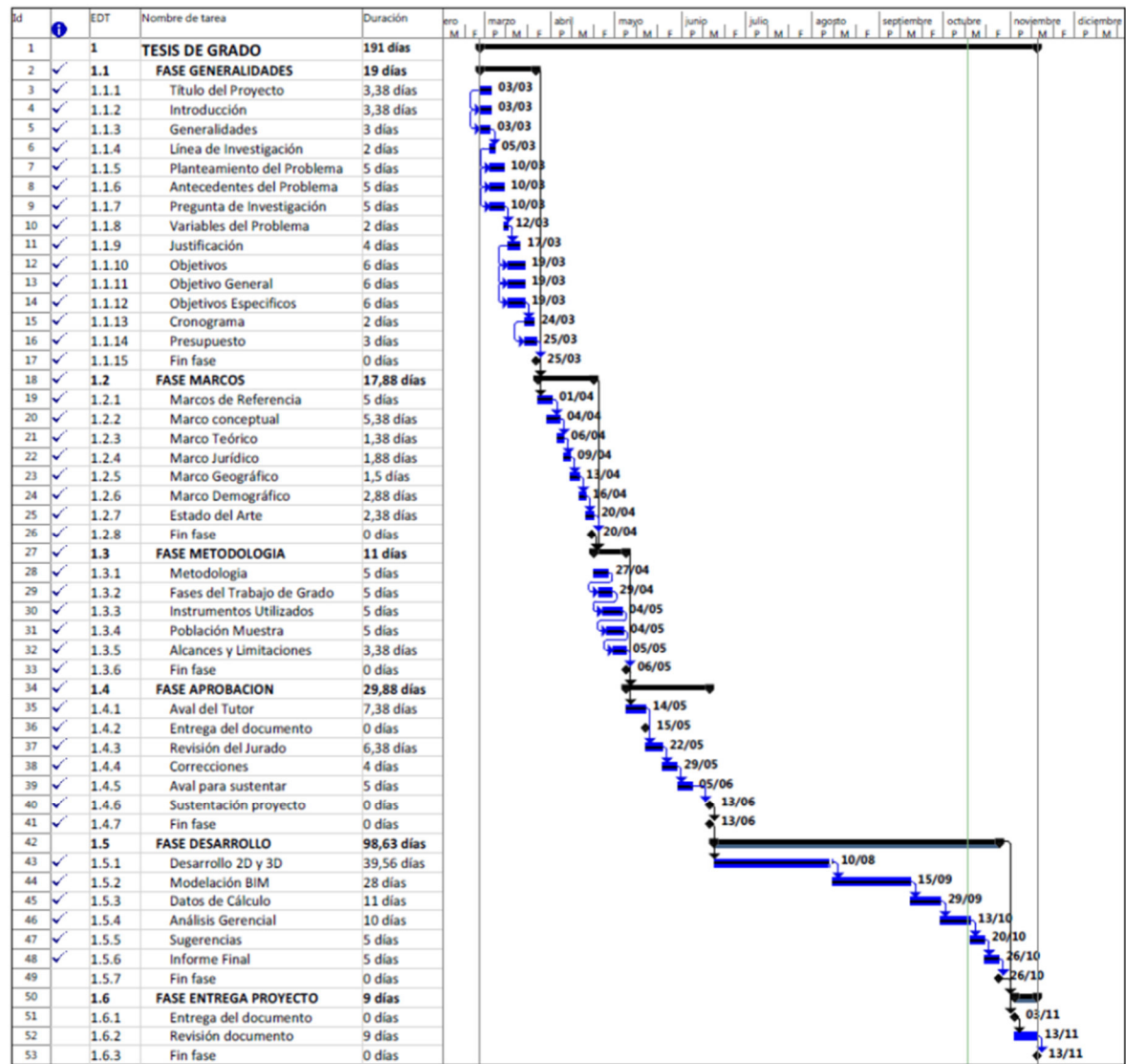
- Evaluar los costos y tiempos de implementar en el proyecto tipo las macro fibras y su implementación de la metodología BIM
- Implementar la metodología BIM en el proyecto propuesto
- Comparar en las losas de contrapiso del proyecto de estudio referente a los costos y tiempos, empleando macro fibras sintéticas en el concreto con la metodología BIM vs. losas de contra piso con malla electro soldada
- Analizar la utilidad generada empleando macro fibras de concreto y su implementación con la metodología BIM
- Sugerir unas recomendaciones para la implementación en losas de contrapiso implementando macro fibras de concreto y su implementación con la metodología BIM

¹⁹ MARINI, Martino; MASTINO, Constantino; BACCOLI, Roberto y FRATTOLILLO, Andrea. BIM and Plant Systems: A Specific Assessment. En: Energy Procedia. August, 2018. Vol. 148, No. 98, p.623.

1.8 CRONOGRAMA

El cronograma se establece de acuerdo a las fechas programadas por la universidad para la entrega de cada una de las etapas, se incluye el desarrollo del anteproyecto y del proyecto.

Figura 1. Cronograma



Fuente: Elaboración propia

1.9 PRESUPUESTO

Cuadro 1. Presupuesto

ANÁLISIS DE COSTOS Y TIEMPOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA PLACA EN CONCRETO DEL CONCESIONARIO AUTOMOTRIZ FORD AV BOYACÁ 170-97 CON LA INCLUSION DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS Y LA IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA BIM.				PRESUPUESTO INICIAL		
GRUPO/CAP	ITEM	DESCRIPCION	UN	INICIALES		
				CANTIDAD	VL/UNIT	V/TOTAL
GRUPO 1 - PRELIMINARES						
	1.1	Oficina	GL	1	\$ 700.000	\$ 700.000
GRUPO 2 - SALIDAS						
	2.1	Salidas de invesigación	Dias	12	\$ 100.000	\$ 1.200.000
GRUPO 3 - GASTOS GENERALES						
	3.1	Alquiler de equipo	Mes	10	\$ 300.000	\$ 3.000.000
	3.2	Servicio técnico	GL	1	\$ 300.000	\$ 300.000
	3.4	Papelería	GL	1	\$ 200.000	\$ 200.000
	3.5	Impresiones	UN	300	\$ 500	\$ 150.000
	3.6	Ploter	GL	1	\$ 100.000	\$ 100.000
GRUPO 4 - ESTUDIANTES						
	4.1	Estudiante 1	Mes	10	\$ 1.500.000	\$ 15.000.000
	4.2	Estudiante 2	Mes	10	\$ 1.500.000	\$ 15.000.000
GRUPO 5 - ASESOR						
	5.1	Asesor Técnico	Mes	10	\$ 500.000	\$ 5.000.000
TOTAL						\$ 40.650.000

Fuente: Elaboración propia

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

El concreto ha sido históricamente el material de mayor uso en las grandes obras del mundo y a nivel nacional, todo ello asociado a su versatilidad, desempeño y acceso a nuestro entorno. Sin embargo, con el pasar de los años el sector de la construcción exige un concreto con propiedades que le permitan mejorar su desempeño en términos de durabilidad, resistencia y que esté sintonizado con el compromiso ambiental. El concreto es considerado por la Real Academia de la Lengua como un término que viene del inglés *concrete* que resulta de la mezcla de agua, arena, grava, cemento o cal y que al fraguar adquiere mayor resistencia.

Cuando el concreto se encuentra en estado fresco es dócil, permitiéndole dar la forma deseada (viga, columna, losa). El concreto fresco se refiere básicamente al estado en que la mezcla tiene manejabilidad, por otro lado, el concreto endurecido se refiere a una roca artificial elaborada por el hombre cuyas propiedades de resistencia, durabilidad, densidad, apariencia y demás características son aprovechadas en la construcción.²⁰

Es importante tener en cuenta que el concreto en estado fresco tiende a ser un material frágil y que si no se le da un uso correcto puede fallar en estado endurecido, la fisuración es un fenómeno indeseable cuyas causas van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Por supuesto, en la medida en que una estructura de concreto no se fisure es mejor en cuanto a su durabilidad y desempeño. En el caso de las placas sobre terreno o placas de contrapiso se diseñan juntas de dilatación y se refuerza con malla electro soldada para evitar el cuarteo de las placas. La malla es un refuerzo secundario en placas sobre terreno y que generalmente se posiciona al tercio medio superior que está destinado a controlar los esfuerzos generados por cargas producidas por la retracción y temperatura del concreto.²¹

Aun así, las mallas como refuerzo tienen algunas limitaciones en cuanto a su colocación, tiempo y mano de obra. Debido justamente a las dificultades de colocación y eficiencia hizo su irrupción en el concreto el uso de las fibras. “El uso de fibras sintéticas como refuerzo para el concreto que reemplaza al refuerzo de acero se ha difundido en todo el mundo en varias aplicaciones, ganando prominencia en la aplicación para pisos industriales”.²²

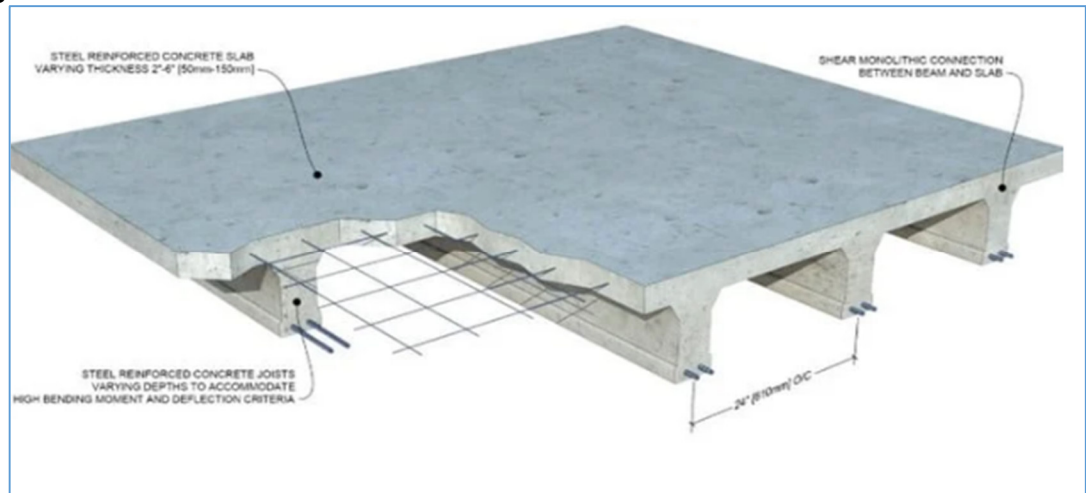
²⁰ MATA LLANA RODRÍGUEZ, Ricardo. El concreto, fundamentos y nuevas tecnologías. Bogotá: Corona, 2017. p.56.

²¹SIKA. “Sika Informaciones técnicas – Concreto reforzado con fibras” [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3 junio, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <http://es.scribd.com/doc/63523105/SIKAFIBRA>>

²² CONSTANTINO, R.A; LOPES, Neto ; NÓBREGA, M ; DO NASCIMENTO,J ; DA SILVA,J. Fiber-reinforced Concrete for the Flat Bottom of Silos. En: Engenharia Agrícola e Ambiental. April, 2019. Vol.24, No. 63,p.274

Desde tiempos antiguos se ha utilizado fibra para reforzar materiales frágiles, en 1.965 se integró el comité ACI 544 (Concreto reforzado con obras), con el propósito de proponer recomendaciones para el uso de las fibras y desde esa época hay avances muy importantes en la tecnología de las fibras para proveer mejores propiedades mecánicas al concreto.

Figura 2. Losa en concreto con malla electro soldada



Fuente: THE CONSTRUCTOR. Losa en concreto con malla electro soldada [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <https://theconstructor.org/>>

Las fibras son efectivas para reemplazar parcial o totalmente el refuerzo convencional en elementos no estructurales y estructurales como el piso industrial, pavimentos de carreteras, vigas (refuerzo de corte), losas y revestimientos de túneles, el uso de fibras en estos elementos está permitido por los modelos de diseño disponibles en varios países. “Las fibras de acero son las más utilizadas, y las fibras macro-sintéticas han mejorado significativamente en la última década y ahora pueden impartir una resistencia significativa al concreto”.²³

El código de diseño existente para Concrete Industrial Ground Floors, TR34, de Concrete Society establece que “Las fibras macro sintéticas proporcionan cierta capacidad de momento posterior al agrietamiento o residual, pero con un rendimiento significativamente menor que las fibras de acero. No se sabe que se usen en la construcción de pisos industriales”.²⁴ En los últimos años, el uso de las fibras como refuerzo del concreto ha tenido un auge importante en los diseños y la producción de la mezcla. No obstante, el avance en la tecnología para la industria de la construcción ha permitido desarrollar fibras en diversos materiales, las cuales

²³ GUERINI, Verónica; CONFORTI, Antonio; PLIZZARI, Giovanni; KAWASHIMA, Shiho. Influence of Steel and Macro-Synthetic Fibers on Concrete Properties. Texas: Mc Graw Hill, 2018.p.54.

²⁴ ALANI, Amir; BECKETT, Derrick. Mechanical Properties of a Large scale Synthetic Fiber Reinforced Concrete Ground Slab, En: Construction and Building Materials, April 2013. Vol. 7, vol. 7, No. 22,p. 335

son especialmente resistentes a los álcalis, tales como polipropileno, polietileno, acero, carbono entre otros.

Figura 3. Concreto reforzado con fibras



Fuente: HOW TO BUILD A HOUSE. ¿Cómo construir una casa? [en línea]. Bogotá: El sitio [citado 28, agosto, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.howtobuildahouseblog.com/#axzz6MTODt2v7>>

De otra parte, la falta de coordinación y colaboración entre diseñadores y contratistas es común en la industria de la arquitectura, ingeniería y consultoría, la falta de colaboración en proyectos de estructuras de edificios a menudo da como resultado diseños poco prácticos que podrían generar costos y tiempo innecesarios en los proyectos, es por ello que el modelado de información de construcción (BIM) se puede utilizar como una herramienta para implementar el proceso de verificación de constructibilidad en el diseño estructural, varios factores afectan la capacidad de construcción de losas de contrapiso.²⁵ La adopción de nuevas tecnologías, como el diseño basado en conjuntos y la construcción eficiente, puede ahorrar tiempo y costos y garantizar la calidad y la seguridad durante el proceso de construcción.²⁶

La información que puede aportar la metodología BIM, proviene de distintos tipos de software, programas que permiten el cálculo estructural, software de presupuestos y análisis de cronograma de actividades.²⁷ Cada uno de los pasos de modelado es importante debido al análisis estructural real, la tarea más difícil es una representación adecuada de los elementos posteriores incluidos en el sistema

²⁵ KOTZE, D and WIUM, A. Structural design constructability verification using BIM. 20th Congress of IABSE, En: The Evolving Metropolis – Report 2019, Pages 1574-1579 20th IABSE Congress, New York City ,

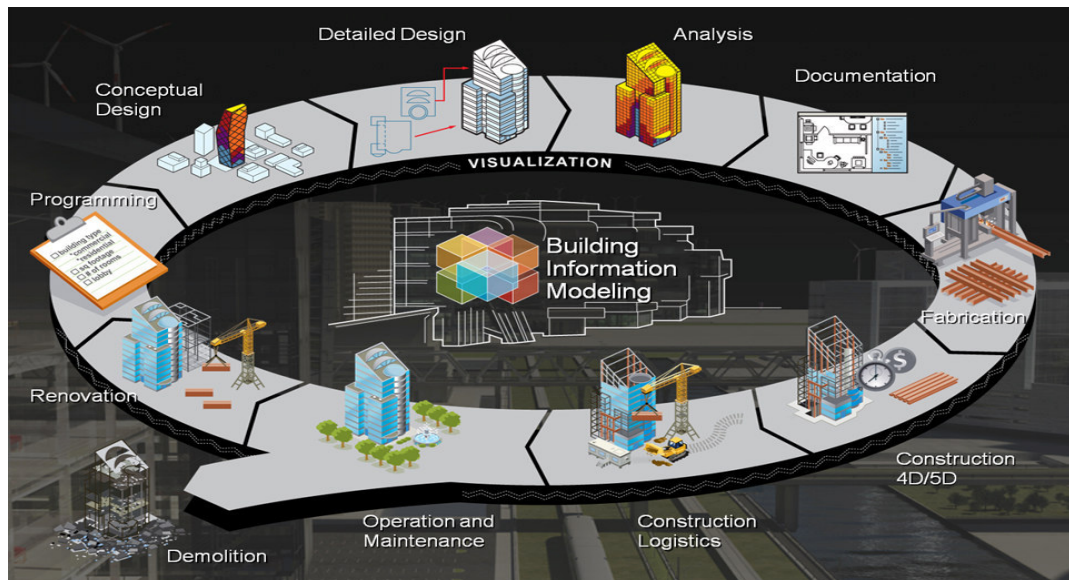
²⁶ CHO YS., LEE SI, BAE JS. Reinforcement placement in a concrete slab object using structural building information modeling, En: Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2014. p.47

²⁷ KAIZEN ARQUITECTURA E INGENIERIA. ¿Qué es el BIM? [en línea]. España: El sitio [citado 28, agosto, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>>

estructural (columnas, vigas, losas, etc.) junto con su ensamblaje, existe una serie de posibilidades de modelado.

BIM es capaz de integrar todas las etapas de construcción en un solo modelo digital, logrando una construcción de alta calidad, estimaciones precisas de rendimiento y costo, monitoreo y control continuo, así como mantener una fuente de información actualizada que facilite el logro de las partes interesadas del proyecto. Una descripción clara del proyecto para su uso en la toma de decisiones informadas.²⁸

Figura 4. Proceso Building Information Modeling



Fuente: KAIZEN ARQUITECTURA E INGENIERIA. ¿Qué es el BIM? [en línea]. España: El sitio [citado 28, agosto, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>>

Es por esto que en el presente proyecto tipo solo se evaluará el modelo BIM, referente a su estructura.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Utilización de las fibras en el concreto. El sector de la construcción de edificios y específicamente la elaboración de cemento son responsables de una parte significativa de las emisiones y de la demanda de materias primas a nivel mundial²⁹, debido a ello el hormigón y la fibra sintética se han vuelto más populares

²⁸ HAMOONI, Morteza; MAGHREBI, Mojtaba; MAJROUHI SARDROUD, Javad; KIM, Sungjin. Extending BIM Interoperability for Real-Time Concrete Formwork Process Monitoring. Texas, 2017.p.43.

²⁹ XARGAY H., RIPANI M., CAGGIANO A., FOLINO P., MARTINELLI E. (2019). Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. Tecnura, 23(60), 38-51. DOI

y atractivos en los últimos años y se utilizan con frecuencia para material de construcción. Esto se debe al comportamiento del concreto que tiene baja resistencia a la tracción, absorción de energía y ductilidad y la no oxidación de las fibras dentro del hormigón. Adicionalmente parte de las fibras sintéticas son fabricadas a partir del pet (polietileno tereftalato) virgen y reutilizado lo cual hace un gran aporte al medio ambiente.

El pobre comportamiento a la tracción del hormigón se debe a su baja tenacidad y la presencia de defectos, por lo tanto, su dureza debe mejorarse y fortalecerse agregando materiales como las fibras para aumentar la tensión de enclavamiento en la matriz de concreto, por lo que se han realizado muchos estudios sobre concreto reforzado con fibra para determinar la porción óptima y los materiales adecuados de fibra; también se ha investigado el comportamiento del patrón, la resistencia y la magnitud de la fibra para aumentar la tenacidad del concreto sobre el concreto simple, por lo que se ha extendido la investigación de la forma, tipo, diámetro y longitud de fibras.

Los tipos de fibras según el estándar internacional son las siguientes³⁰

- **Tipo I fibra de acero:** contiene acero inoxidable, acero de aleación o fibras de acero al carbono, las fibras de acero no se dañan fácilmente por los procesos de mezclado o proyección de concreto y las fibras de acero no recubiertas son químicamente compatibles con el ambiente normalmente alcalino dentro de la pasta de cemento. Algunos recubrimientos, como el aluminio, pueden ser perjudiciales para el concreto. Las fibras de acero al carbono se oxidarán en condiciones que causan la oxidación del acero convencional, por ejemplo, en la porción cercana a la superficie del concreto sujeto a la carbonatación.

Figura 5. Fibra de acero



Fuente: ISTOCK. Materiales de acero. [En línea].
Bogotá: El sitio [citado 29, marzo, 2018]. Disponible
en Internet: < URL: <https://www.istockphoto.com/>>

³⁰ ASTM-C 1116 – 03 Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete

- **Tipo II fibra de vidrio:** contiene fibras de vidrio resistentes a los álcalis, las fibras de vidrio en concreto o concreto lanzado, sometidas a humectación, atmósfera húmeda o contacto con suelo húmedo tienen el potencial de reaccionar con los álcalis presentes en la pasta de cemento, lo que debilita las fibras. También tienden a volverse frágiles debido a los productos de hidratación que penetran en los haces de fibras y llenan los espacios intersticiales entre los filamentos de vidrio individuales. Ambos mecanismos causan reducciones en la fuerza, tenacidad y resistencia al impacto con la edad. Los tipos de fibra de vidrio resistentes a los álcalis (AR) desarrollados para uso con cemento son más resistentes a los álcalis que el E-glass y otros tipos no comercializados específicamente para uso en cemento, y deben usarse junto con técnicas establecidas para suprimir la reacción álcali-silica, por ejemplo, el uso de un cemento de baja alcalinidad o una mezcla de minerales, o ambos. Sin embargo, incluso el uso de fibras de vidrio AR no previene el deterioro en el concreto reforzado con fibra de vidrio expuesto a la humedad durante un largo período de tiempo, pero solo ralentiza la velocidad a la que ocurre.

Figura 6. Fibra de Vidrio



Fuente: ALIBABA. Fibra de vidrio. [en línea].
Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018].
Disponible en Internet: < URL:
<https://spanish.alibaba.com/>>

- **Tipo III Fibras sintéticas:** contiene fibras sintéticas para las cuales se pueden producir pruebas documentales que confirmen su resistencia a largo plazo al deterioro cuando entran en contacto con la humedad y los álcalis presentes en la pasta de cemento o las sustancias presentes en aditivos que incorporan aire y sustancias químicas; las fibras compuestas de algunos polímeros pueden deteriorarse al entrar en contacto con la humedad, los álcalis o algunos de los ingredientes de los aditivos químicos, se ha demostrado que las fibras como las poliolefinas (polipropileno y polietileno), el nylon y el carbono son duraderas en el concreto. Cuando el comprador decida permitir el uso de fibras que no cumplan con las clasificaciones en la norma, por ejemplo: fibras naturales, fibras metálicas que no sean de acero, fibras de carbono, etc., el productor deberá presentar pruebas satisfactorias para el comprador. que el tipo de fibra propuesta para el uso no

reacciona negativamente con la matriz de hormigón o proyectado, incluidos los constituyentes de cualquier mezcla presente, o con el entorno circundante en la matriz agrietada, causando el deterioro de las propiedades mecánicas con la edad en las condiciones de exposición previstas en la aplicación.

Figura 7. Fibra Sintética



Fuente: CTRES. Fibra sintética. [En línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.ctres.mx/>>

A continuación, se detalla los tipos de macro fibras que se estudiarán en la investigación

Cuadro 2. Macro Fibras para estudio

Nombre	Uso	Distribuidor
MAXTEN TM son macro fibras sintéticas usadas para reemplazar la malla electro soldada y las fibras metálicas, como refuerzo secundario (refuerzo por temperatura) en la construcción de placas, losas y elementos prefabricados de concreto de hasta 21 MPa de resistencia a compresión	Pisos y placas de concretos, no estructurales, expuestos a cargas no superiores a 350 kg/cm ² .	TOXEMEN
TUF - STRAND SF son fibras sintéticas estructurales mezcla de polipropileno / polietileno, monofilamento, las cuales se auto fibrilan cuando se incorporan en la mezcla de concreto, utilizadas exitosamente para reemplazar la malla electro soldada y las fibras metálicas en una amplia variedad de aplicaciones.	Pisos de concreto en centros de distribución, pisos industriales, pisos de bodegas;	TOXEMEN
SIKAFIBER® AD. Está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados y polímeros sintéticos que anulan la tendencia a reducir la trabajabilidad y el asentamiento del concreto, propia de otro tipo de fibras convencionales.	Losas de concreto (placas de piso, pavimentos, etc.)	SIKA

Cuadro (continua)

Nombre	Uso	Distribuidor
FORTA. Fibra de alto desempeño para pisos, túneles, prefabricados. Macro Fibra 54mm	Losas de concreto (placas de piso, pavimentos, etc.)	COPROPISOS
FIBRAPLAS CONCRETE. Es una macro fibra sintética estructural, fabricada bajo la Norma Internacional ASTM C-1116-10 Tipo 3 y Norma NSR10 Diseñada para ser involucrada de forma fácil al concreto, mejorando sus propiedades, reemplazando la malla electro soldada y las fibras metálicas, siendo fibra de refuerzo para el concreto.	Placas de pisos Placas con lámina colaborante Placa fácil Pavimentos rígidos Bodegas Túneles Pavimentos	ABACOL

Fuente: Elaboración propia

El papel principal de las fibras es unir fuerzas a través de las grietas iniciadas debido a la distribución dentro de una matriz de concreto, lo que lleva a hacer que estas grietas estén más juntas. Según varios trabajos experimentales de pavimentos rígidos o losas en el suelo, las fibras mejoran la capacidad de las losas, la tenacidad y la resistencia al agrietamiento reflectante, y reducen el ancho de las grietas y el espesor de losa requerido

Dos factores principales controlan el rendimiento del concreto reforzado con fibra, el tipo y la cantidad de contenido de fibra discreta. Cada tipo de fibra con contenido específico tiene un comportamiento específico dentro de una matriz de concreto que es diferente de otra matriz de concreto o tipo de fibra.³¹

2.2.2 Aplicación de la Metodología BIM. Un modelo BIM de una construcción es como una maqueta virtual que ofrece una imagen 3d de la obra, se considera también como un modelo virtual donde cada componente tiene las mismas características que el elemento que se construye en la realidad, esta modelación no sólo aporta la documentación gráfica y planos relacionados con el proyecto, sino también información de carga de elementos constructivos, gestión de recursos y planificación de la ejecución, presupuesto estimado, etc. ³²

³¹ ALSABBAGH, Ahmedz; WTAIFE, Salam; SHABAN, Ala; SUKSAWANG, Nakin and ALSHAMMARI, Emad. Enhancement of Rigid Pavement Capacity Using Synthetic Discrete Fibers. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Article number 012033

³² AVILA, Antonio Martin. Análisis de proyectos de construcción. Bogotá: Norma editores, 2017, p.67.

Figura 8. Modelación BIM



Fuente: Elaboración propia

2.3 MARCO JURÍDICO

Desde este marco se presentan las disposiciones reglamentarias de se requieren conocer para el desarrollo de la investigación, en él se incluyen leyes, reglamentos, directivas, decretos y todo tipo de normatividad pertinente.

Las siguientes son las normas estandarizadas aplicadas en la medición de los concretos reforzados con fibra (CRF).³³

Cuadro 3. Normas estandarizadas de macro fibras

Nombre	Descripción
ASTM C 1399 “Método de ensayo para determinar el esfuerzo residual promedio del concreto reforzado con fibra”	Esta norma es usada sobre todo para diseño de pisos en donde se determina el esfuerzo residual promedio (posfisuración) luego de pre fisurar de manera controlada una viga de concreto fibro reforzado
ASTM C 1609 “Método de ensayo para determinar el desempeño del concreto reforzado con fibra (Usando una viga cargada en los tercios)”	Este ensayo similar al descrito en la ASTM C 1399 no emplea una platina de apoyo sobre la cual pre-fisurar el material, la deformación post fisuración es medida gracias a que la aplicación de la carga es controlada por la deflexión del espécimen
En 14488-3 “Ensayos sobre concreto lanzado- Parte 3: Resistencias a la flexión (Determinación de la resistencia al primer pico, del último y de la resistencia residual) de vigas de concreto reforzado con fibras”	Este ensayo corresponde al tercero de los procedimientos sobre concreto lanzado descrito por la norma EN 14488, tiene como limitación que requiere una vez más que la carga de la máquina sea controlada por la medida de la deflexión a medida que se carga una viga cargada en los tercios
En 14488-5 “Ensayos sobre concreto lanzado- Parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de una placa de concreto reforzado con fibras”	Esta norma expone el ensayo original de absorción de energía EFNARC, que obtiene sobre un espécimen cuadrado sobre el que una curva Carga vs. Deflexión a partir de la cual se calcula un valor de energía la deflexión de la viga. (Circuito cerrado).

³³ ABACOL.Op., cit, p.13.

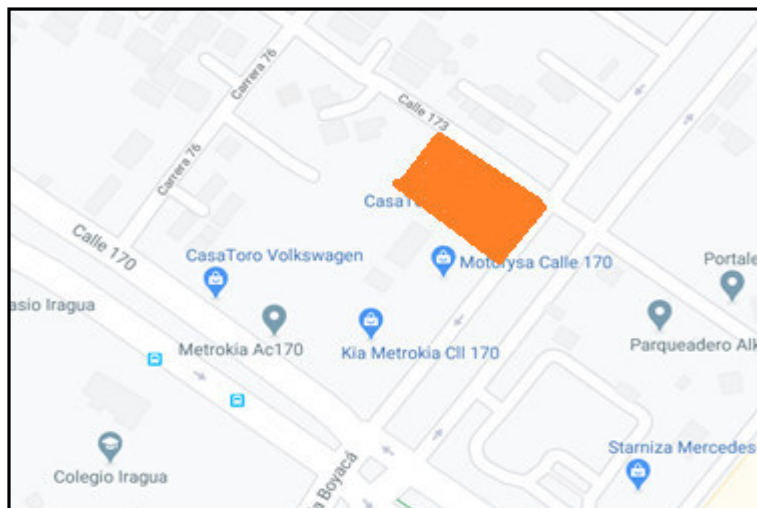
Cuadro 3 (continua)

ASTM C 1550 "Método de ensayo para determinar la tenacidad a flexión del concreto reforzado con fibras (usando una carga central sobre un panel redondo)"	Este ensayo de origen australiano, es el equivalente a la norma EFNARC 14488- 5, solo que hay una mejor distribución de la carga un espécimen circular apoyado en tres puntos no restringidos y el panel cuenta con un espesor de 75 mm, la deflexión de la viga. (Circuito cerrado).
En 14889-1 "Fibras para concreto- Parte 1- Fibras de acero-especificaciones Y conformidad."	Al igual que la parte 2 (sintéticas) esta norma europea establece las definiciones de los diferentes grupos de fibras de acero (I-V) de acuerdo a su proceso de fabricación. Define y enumera las propiedades más importantes de las fibras, así como sus tolerancias.
En 14889-2 "Fibras para concreto- Parte 2 - Fibras de polímeros o sintéticas- Definición, Especificaciones y conformidad."	Esta norma europea define cuatro tipos de fibras (Clase I, II, III y IV) dependiendo de la función para la cual están destinadas. Establece igualmente las variaciones aceptables en dimensionales como en las propiedades en las fibras. Define la relación de aspecto (diámetro/ longitud) y para las fibras con sección diferente a la circular permite el cálculo de un diámetro equivalente.
EFNARC "European Specification for Sprayed Concrete" www.efnarc.org	Este documento describe diferentes tipos de ensayos para evaluar el concreto reforzado con fibras.
NTC 5541 "Concretos reforzados con FIBRAS"	Constituye en la norma general de fibras, con las definiciones y clases generales de reforzamiento con fibras.
NTC 5721 "Método de ensayo para determinar la capacidad de absorción de energía (tenacidad) de concreto reforzado con fibras" (EFNARC)	Esta norma describe en detalle el procedimiento de ensayo mencionado en las "Especificaciones para Contratistas" de la EFNARC, donde se mide sobre una placa cuadrada de 100 mm de espesor y 600 mm de lado la tenacidad del concreto reforzado con fibra.
IIS-SF4. "Método de ensayo para determinar la tenacidad del concreto reforzado con fibra"	Este ensayo se efectúa sobre la viga simplemente apoyado sobre la que determina el parámetro RE3 resistencia residual a 3mm de deflexión. Parámetro muy usado en el diseño de pisos.
NSR-10 F.4.7.5.5 — Refuerzo por retracción y temperatura —	El refuerzo por retracción y temperatura deberá consistir de una malla electro-soldada o barras de refuerzo, con un área mínima de 0.00075 veces el área del concreto sobre el tablero metálico, pero no debe ser menor que una malla con un área de 59.3 mm ² de acero por metro de ancho de losa. Alternativamente, pueden utilizarse fibras de acero en lugar de la malla de refuerzo para efectos de retracción y temperatura de acuerdo a las especificaciones NTC 5214 (ASTM A820)3, en una cuantía mínima de 14.8 kg/m ³ , o fibras macro sintéticas, hechas a partir de poliolefino virgen, con un diámetro equivalente entre 0.4 mm y 1.25 mm con una relación de aspecto mínima (longitud/diámetro equivalente) de 50, en una cuantía mínima de 2.4 kg/m.

Fuente: ABACOL. Macrofibras sintéticas para el concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3, febrero, 2020]. Disponible en Internet: < URL: http://www.abacol.co/assets/fibraplas-concrete_libro_baja.pdf>

2.4 MARCO GEOGRÁFICO

Figura 9. Localización del proyecto



Fuente: GOOGLE MAPS. Localidad de Suba. 2020

El proyecto se encuentra en la localidad número 11 Suba en el barrio San José de Bavaria de la ciudad de Bogotá, la cual se ubica al noroccidente de la ciudad y es la cuarta localidad más extensa de la capital. Limita al Norte con el municipio de Chía; al Sur con la localidad de Engativá; al Oriente con la localidad de Usaquén y al Occidente con el municipio de Cota.

2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

El uso de las fibras encierra al gremio de la construcción partiendo de obras civiles como los pavimentos o los pisos industriales, es por eso que la investigación va enfocada a losas para pisos industriales ya que las fibras tienen mayor incidencia en concretos a flexión, también se aplica placas macizas o de entrepiso NO aligeradas.

2.6 ESTADO DEL ARTE

En el desarrollo de la utilización de las fibras en la elaboración de elementos constructivos uno de los usos más extendidos fue en la fabricación de prefabricados de asbesto cemento, en este caso las fibras de asbesto le daban al material el monolitismo y la resistencia a la tensión buscada³⁴, sin embargo, como se ha demostrado el asbesto tiene efectos dañinos para la salud humana, por lo cual surge

³⁴ SIKA. "Sika Informaciones técnicas. Op., cit.p.32.

la utilización de otros materiales que no presentan ningún efecto sobre la salud. Actualmente se utiliza las fibras como refuerzo secundario para la elaboración de elementos en concretos hidráulicos, el rol principal de las fibras está ligado al control de la propagación de las fisuras, reduciendo la abertura de estas, y transformando el comportamiento del concreto de frágil a dúctil.

Figura 10. Concreto con macro fibras



Fuente: ARGOS 360. Concreto con macrofibras. Bogotá: 2016, p.72.

En los estudios revisados se encontró que las fibras sintéticas se han utilizado en varias investigaciones de proyectos constructivas, así como el uso en diferentes modalidades de aplicaciones, demostrando su desempeño técnico e igualmente el beneficio económico, el uso de macro fibras plásticas para reforzar el concreto ha atraído la atención generalizada de los científicos y la industria de la construcción debido a los múltiples beneficios de sostenibilidad que ofrecen, en comparación con las fibras de acero y la malla de refuerzo de acero

En el caso de construcción de pistas de aeropuertos, buscando mejorar la durabilidad del concreto, se probaron cuatro tipos de fibra sintética adicionadas al concreto³⁵, los resultados mostraron que la fibra sintética mejora la resistencia a la flexión del concreto, pero tiene poco efecto sobre la resistencia a la compresión, se presentó el análisis de costo-beneficio que mostró que la aplicación de fibra al concreto tiene grandes beneficios económicos y amplias perspectivas de desarrollo.

Otro estudio, de manera experimental, es la utilización de fibras como refuerzo único en la construcción de tuberías, en donde se demostró que el uso de fibras de plástico es compatible con los sistemas de producción de tuberías y que cuando se someten a la prueba de trituración, las tuberías reforzadas con fibra de plástico producen resistencias aceptables³⁶.

³⁵ CHEN ,Yue; CEN, Guoping and CUI, Yunhua. Comparative study on the effect of synthetic fiber on the preparation and durability of airport pavement concrete. En: Construction and Building Materials. November, 2018. Vol. 184, No. 64.p. 34.

³⁶ DE LA FUENTE, Albert ; ESCARIZ, Renata; DE FIGUEIREDO, Antonio; AGUADOA, Antonio. Design of macro-synthetic fibre reinforced concrete pipes. En: Construction and Building Materials. June, 2013. Vol. 43, No. 72.p. 52

En el caso de construcciones en condiciones de afectación por salinidad, como es el caso de las estructuras utilizadas para rompeolas, tradicionalmente se usa el refuerzo de acero para mejorar el desempeño del concreto; sin embargo, el acero es susceptible a la corrosión en estos ambientes, por lo cual se ha experimentado con el uso de fibra macro-sintética como refuerzo en estas estructuras³⁷, los resultados indican que la adición de fibras sintéticas mejora la respuesta posterior a la carga de impacto en un factor de dos a tres, en comparación con las unidades no reforzadas, además, la adición de fibras redujo significativamente el ancho de fisuras para el mismo número de cargas de impacto y permite que las estructuras resistan mayores anchos de las fisuras antes de fallar.

También se encontró una investigación sobre el uso de adición de macro fibras en concretos auto compactantes, en donde los resultados de las pruebas revelaron que la adición de fibra no influye en la resistencia a la compresión, pero mejora ligeramente el módulo elástico y la resistencia a la rotura por tracción, y se logra una mejora más notable en el incremento de la resistencia al impacto.³⁸

Las fibras pueden clasificarse en dos grupos principalmente (ASTMC 1116, EN 14889. EN 14889-2)³⁹.

a. Por Material

- FIBRAS METÁLICAS. Secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).
- FIBRAS SINTÉTICAS. Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliéster etc.
- FIBRAS DE VIDRIO. Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.
- FIBRAS NATURALES. Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm.

b. Por Funcionalidad, Geometría y Dosificación

- Micro fibras. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno, con diámetros

³⁷ HARDY, Nell; FOSTER, Stephen; COX, Ron; VALI, Hamid; GOUDARZI, Pour and AMIN, Ali. Investigation into the use of macro synthetic fibre reinforced concrete for breakwater armour units. En: Coastal Engineering. Octubre, 2018. Vol. 140, No. 56.p.60

³⁸ ALTALABANI, D; BZENI, D and LINSEL, S. Mechanical properties and load deflection relationship of polypropylene fiber reinforced self-compacting lightweight concrete. En: Construction and Building Materials. August, 2019. Vol. 252, No. 33.p.65.

³⁹ SIKA. "Sika Informaciones técnicas.Op., cit.p.32.

entre 0.023 mm a 0.050 mm, cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de concreto, estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas, pueden ser monofilamento o fibriladas.

- **Macro fibras.** Generalmente son de materiales como acero, vidrio, materiales sintéticos o naturales (fique y otros), los cuales se utilizan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección. Las macro fibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm, las dosificaciones en términos de peso varían así de acuerdo con la densidad del material, las fibras de acero requieren entre 20 a 50 kg/m³ de concreto y las fibras sintéticas (polipropileno) entre 2 a 9 kg/m³. Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada

Figura 11. Tipos de Macro Fibras



Fuente: SIKA, COLOMBIA SAS. Fisuración del concreto y refuerzo secundario. Consideraciones iniciales. Bogotá: Sika Colombia, 2028. p.33.

Las macro fibras actúan en estado endurecido, es decir antes de las 24 horas no tienen mayor efecto. Las macro fibras se incluyen y mezclan en el concreto como si fuesen un agregado más, normalmente exigen un tiempo de mezclado adicional entre 3 a 5 minutos para garantizar su completa dispersión. Para las dosificaciones y volúmenes antes mencionados, las macro fibras metálicas o sintéticas no alteran la resistencia a la compresión y lo hacen de una manera muy leve (o despreciable) sobre las resistencias a la tensión y flexión.

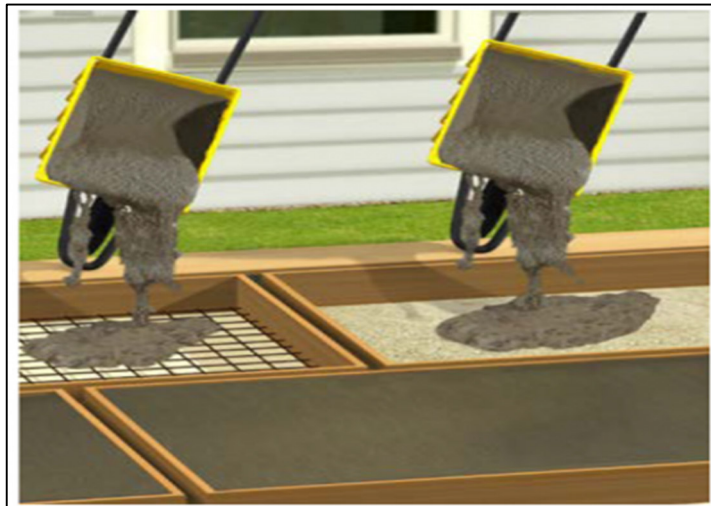
Utilización de las macro fibras en la construcción de pisos. Las mallas electro soldadas se han usado para resolver los esfuerzos secundarios en pisos y pavimentos, generalmente se posiciona en la mayoría de los casos en la mitad de la altura del elemento, sin embargo en el proceso de instalación se hace dispendiosa

y además suele caminarsse encima de estas ocasionando que su colocación no sea la más adecuada, esto hace que durante el proceso inicial de fraguado, el cual se presenta en la parte superior de la placa, el concreto se retrae y la malla no cumple su función. A esto debe sumársele inconvenientes como el transporte, almacenamiento y costos en la mano de obra, por lo que las macro fibras pueden resolver estos problemas.

Las fibras actúan como malla electro soldada y varillas de refuerzo, incrementando la tenacidad del concreto y agregando al material capacidad de carga posterior al agrietamiento. Entre los beneficios del uso de concreto reforzado con fibras -CRF- se encuentran el incremento de la resistencia al impacto y a la fatiga. Su diámetro oscila entre los 0,25 mm y 1,5 mm con longitudes variables entre 13 mm y 70 mm.

Las macro fibras estructurales en pisos previenen la aparición de fisuras a larga edad (en estado endurecido), si la fisuración tiene lugar impiden el incremento en el ancho de la misma, pero más importante aún permiten que la estructura continúe en servicio al aumentar su tenacidad. Este hecho multiplica la vida útil de la estructura.

Figura 12. Reemplazo de la Malla electro soldada



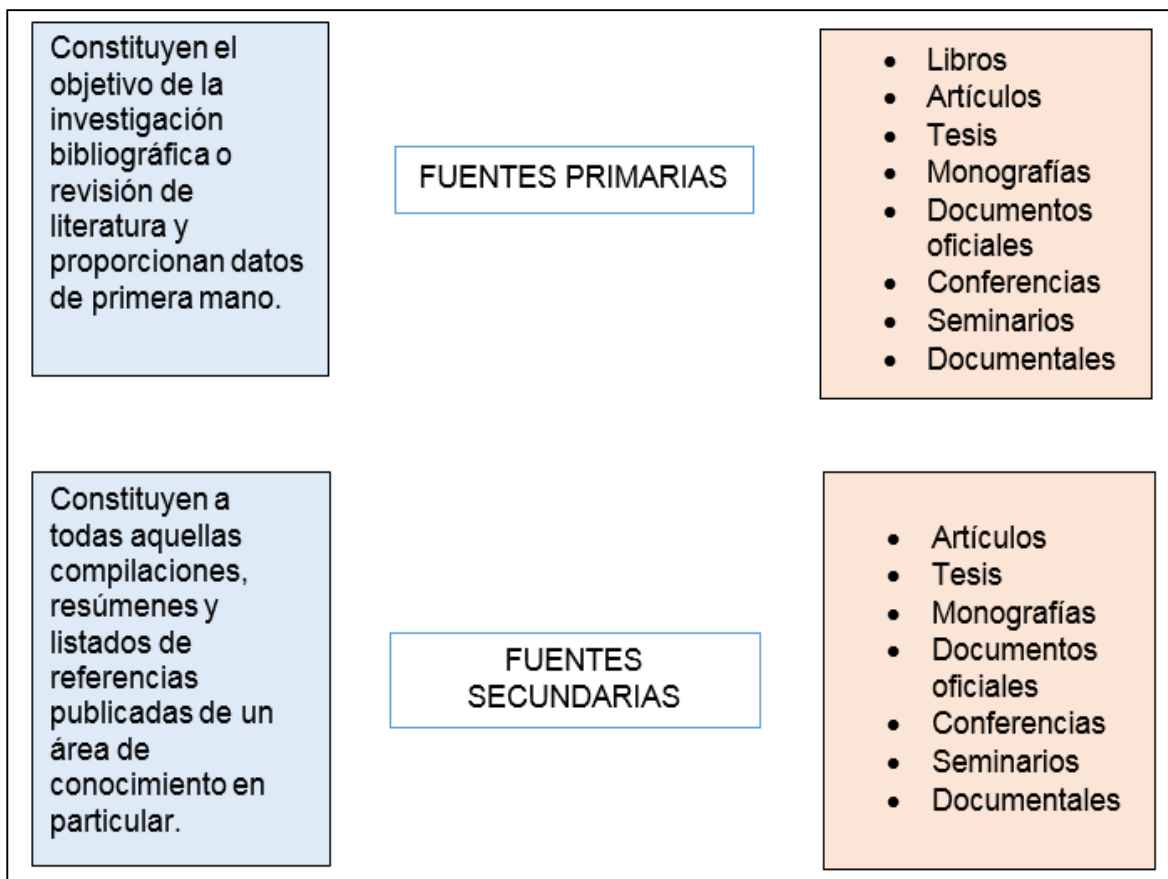
Fuente: SIKA, COLOMBIA SAS. Fisuración del concreto y refuerzo secundario. Consideraciones iniciales. Bogotá: Sika Colombia, 2028. p.33.

3. METODOLOGÍA

3.1 FASES DEL TRABAJO

3.1.1 Fase 1. Revisión constante de literatura del proyecto. A partir de las bases de datos de la universidad y toda la información disponible se buscó todo lo relacionado con la implementación de nuevos materiales para reforzamiento del concreto. Con esta información se adentra a un campo nuevo en el uso de las fibras o macro fibras sintéticas. Allí se pretende depurar todo lo que pueda definir los diferentes tipos de fibras, usos, dosificaciones y mercado en Colombia.

Figura 13. Fase 1. Revisión constante de literatura del proyecto



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Fase 2. Desarrollo de los costos y tiempos del proyecto con macro fibras y la metodología BIM. Desde el diseño inicial de la bodega se elaboraron los presupuestos generales para su construcción, uno de ellos tomando como base el despiece estructural involucrando la malla electro soldada. A continuación, se relacionan los 5 tipos de macro fibra sintética su composición y la dosificación por m3 de concreto para el segundo presupuesto.

Dentro del análisis de presupuesto se debe abarcar el análisis de la adición de fibras dentro de la mezcla de concreto, teniendo en cuenta que en el caso de estudio las dosificaciones son distintas.

- La dosificación de las fibras **MAXTENTM** varía entre 1.8 kg/m³ y 3 kg/m³, dependiendo de la resistencia del concreto, el espesor del elemento y las dimensiones de la malla electro soldada a reemplazar. Para reemplazar la malla electro soldada en un concreto preparado en obra de 21 MPa (3.000 psi) – 7 bultos de cemento/m³, aplique MAXTENTM en la siguiente dosificación.⁴⁰

Cuadro 4. Dosificación de Fibras Maxten

MAXTEN™	KG DE MAXTEN™ POR M ³ DE CONCRETO			
ESPESOR DE LA PLACA (cm)	3 mm Cada 15 cm	4 mm Cada 15 cm	5 mm Cada 15 cm	6 mm Cada 15 cm
5	1,8 Kg/m ³	2,4 Kg/m ³		
8	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,3 Kg/m ³	
10	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,7 Kg/m ³
12	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	2,2 Kg/m ³
15	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³	1,8 Kg/m ³
Use Macro Fibra Sintética Estructural TUF STRAND SF				

Fuente: TOXEMENT. Maxten. Macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada. [En línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.toxement.com.co/media/3743/maxten.pdf>>

- **TUF - STRAND SF** puede ser adicionado al concreto en un rango de 1.8 - 12 kg/m³ dependiendo de la aplicación y requerimientos del diseño de mezcla. Para establecer la cantidad de TUF - STRAND SF necesaria para reemplazar la malla electro soldada en una aplicación específica, consulte al Departamento Técnico de TOXEMENT.
- El **SIKAFIBER® AD** se empleará en dosificaciones de 1 kg/m³. Los concretos a los que se les ha agregado SikaFiber® AD cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C1116-95.

⁴⁰ TOXEMENT. Maxten. Macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet : < URL: <http://www.toxement.com.co/media/3743/maxten.pdf>>

- FORTA

Cuadro 5. Ficha Técnica Macro Fibras Forte

Specific Gravity	0.91	Specific Gravity	0.91
Tensile Strength	83-96 ksi (570-660 MPa)	Tensile Strength	83-96 ksi (570-660 MPa)
Length	2.25 in (54 mm), 1.5 in (38 mm)	Length	2.25 in (54 mm), 1.5 in (38 mm), 0.75 in (19 mm)
Melting Point	319°F (160°C)	Melting Point	319°F (160°C)
Material	Virgin Copolymer / Polypropylene	Material	Virgin Copolymer / Recycled Polypropylene
Form	Monofilament / Fibrillated	Form	Monofilament / Fibrillated
Color	Gray	Color	Gray/Dark Gray
Acid / Alkali Resistance	Excellent	Acid / Alkali Resistance	Excellent
Absorption	Nil	Absorption	Nil

Forta – Ferro

Forta-Green

Fuente: ABACOL. Macrofibras sintéticas para el concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3, febrero, 2020]. Disponible en Internet: < URL: http://www.abacol.co/assets/fibraplas-concrete_libro_baja.pdf>

- Fibraplas Concrete

Cuadro 6. Ficha Técnica Macro Fibras Fibraplast

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
<i>Diámetro promedio</i>	<i>mm</i>	0.6
<i>Tipo de macrofibra</i>	<i>N.A.</i>	Sintética
<i>Longitud</i>	<i>mm</i>	55
<i>Fibras por Kg promedio</i>	<i>und</i>	36600
<i>Dosificación frecuente</i>	<i>Kg/m³</i>	3,0 a 6,0
<i>Fibras por m³ (con dosificación promedio)</i>	<i>und</i>	183000
<i>Gravedad específica</i>	<i>Gr/cm³</i>	1,27
<i>Resistencia máxima a la tensión</i>	<i>Mpa</i>	524
<i>Modulo de elasticidad promedio</i>	<i>Gpa</i>	4,8
<i>Textura Superficial</i>	<i>N.A.</i>	Marcado de Máximo Anclaje
<i>Punto de fusión</i>	<i>°C</i>	260
<i>Presentación empaque soluble</i>	<i>N.A.</i>	Si
<i>Relación de aspecto</i>	<i>N.A.</i>	92
<i>Color</i>	<i>N.A.</i>	Gris metálico
<i>Absorción</i>	<i>N.A.</i>	NULA
<i>Resistencia a sales y ácidos</i>	<i>N.A.</i>	ALTA
<i>Resistencia al álcali</i>	<i>N.A.</i>	ALTA
<i>Resistencia a mono-hongos</i>	<i>N.A.</i>	ALTA
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>N.A.</i>	BAJA
<i>Conductividad térmica</i>	<i>N.A.</i>	BAJA

Fuente: ABACOL. Macrofibras sintéticas para el concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3, febrero, 2020]. Disponible en Internet: < URL: http://www.abacol.co/assets/fibraplas-concrete_libro_baja.pdf>

A partir de las dosificaciones, se establece una relación entre el precio unitario y la cantidad adicionar por m³.

3.1.3 Fase 3. Desarrollo del modelo BIM 5d: 3d, 4d, 5d y Naviswork comparativo. Proyecto con macrofibra y BIM vs. Losa contrapiso con malla electrosoldada.

Teniendo en cuenta el diseño inicial y a partir de un modelo digital se permite visualizar el comportamiento del concreto para las placas de contrapiso con el uso de malla electro soldada y con macro fibras sintéticas.

3.1.4 Fase 4 – Utilidad. Se verifica la utilidad en tema de costo; teniendo en cuenta que se ha hecho el análisis para el concreto de las placas con refuerzo de malla electro soldada y refuerzo con macro fibra sintética.

3.1.5 Fase 5. Sugerencias para el desarrollo de losas de contrapiso con macro fibras y BIM. A partir del análisis de costo se permite dejar una guía de uso de macro fibras sintéticas para losas de contrapiso, respecto a la dosificación y las condiciones del concreto. Para la adición de macro fibras sintéticas se necesita conocer el tipo de fibra, la dosificación, el tipo de malla a reemplazar, el elemento a construir (placa contrapiso, placa entrepiso), el tipo de concreto, el espesor, entre otras variables. Para ello, se pretende hacer una guía de uso de las macro fibras que les permita a los diferentes constructores tener un acercamiento más específico con el tema.

3.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- Base de datos Universidad Católica
- Papers
- Computadores
- Planos
- Microsoft Project
- Autodesk AutoCAD
- Autodesk Revit
- Autodesk Naviswork

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Las macro fibras sintéticas abarcan diferentes usos:

- Concreto lanzado
- Pisos Industriales
- Pisos comerciales

- Pisos residenciales
- Placas de entrepiso, sistema lámina colaborante
- Placa fácil
- Prefabricados
- Pavimentos rígidos
- Piscinas y tanques
- Muros en sistema Industrializado
- Reforzamiento sísmico
- Muros de contención
- Losas de revestimiento, canales

Por lo cual, se permite llegar a varios gremios de la construcción que tienen como fin utilizar nuevas tecnologías y darle mayor vida útil al concreto en sus obras.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

3.4.1 Alcances

- Abarcar el desarrollo del trabajo a la construcción de la placa de contrapiso del concesionario ubicado en la Avenida Boyacá con calle 170.
- Tener los conocimientos en costo y tiempo enfocados a la utilización de macro fibras para la construcción de pisos.
- Aplicación de la metodología BIM dirigida a la estructura principal del proyecto, destacando el desarrollo de la placa de contrapiso y la inclusión de la alternativa presentada para su implementación.
- No se evaluará la parte mecánica ni resistencia de los materiales
- No se evaluará el diseño estructural del proyecto
- No se evaluará el diseño de mezcla y su composición técnica de las macro fibras de concreto
- Solo se evaluará el costo directo de compra de las macro fibras de estudio

3.4.2 Limitaciones

- Las macro fibras analizadas se limitan a las que se encuentran actualmente en el mercado colombiano.
- Tener en cuenta que este proyecto no estará enfocado en la ingeniería de

tránsito.

- Los tiempos requeridos para el proceso investigativo, podrían variar de acuerdo a la disponibilidad de los autores.
- El presupuesto para la realización del proyecto, puede variar dependiendo de las necesidades que probablemente se lleguen a presentar durante su desarrollo.

4. PRODUCTO A ENTREGAR

- Análisis Comparativo de los costos reales para la construcción de la placa de piso con sistema convencional de refuerzo en malla electro soldada vs utilización de concreto con inclusión de macro fibras.
- Análisis comparativo de los tiempos programados en ejecución real de los dos sistemas constructivos.
- Planificación de recursos enfocados bajo la metodología BIM.

5. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTOS

Con los resultados de este proyecto, se busca suministrar las herramientas necesarias en la toma de decisiones a la hora de implementar fibras sintéticas en un proyecto y que se garantice las condiciones técnicas y de servicio normalmente ofrecidas en los sistemas tradicionales.

Así mismo se pretende mejorar la utilidad y/o disminuir los reprocesos en la ejecución proyectos civiles e infraestructura industrial, con base en los resultados obtenidos; en los cuales se espera que con el uso de las macro fibras sea más económico la construcción o se agilice el proceso constructivo.

5.1 EVALUACION DE COSTOS Y TIEMPO CON MACROFIBRAS SINTETICAS Y LA METODOLOGIA BIM

El proyecto del concesionario Ford es una estructura convencional en concreto y estructura metálica, la placa de contrapiso y la placa de entrepiso fueron contempladas por un diseño inicial con el uso de malla electrosoldada como refuerzo de acero para contrarrestar los esfuerzos a tensión. Durante el desarrollo del proyecto se analizó el comportamiento presupuestal y la programación en tiempo con la utilización de macro fibras sintéticas en reemplazo a la malla electrosoldada.

A partir de la información registrada en los planos de diseño estructural se hace la elaboración de cada uno de los presupuestos y su respectiva programación en Project. Para su obtención se contemplaron las actividades que encierran el alcance de este proyecto basado en la losa de contrapiso y de entrepiso del concesionario Ford.

5.1.1 DATOS DEL PROYECTO

Nombre del proyecto	Área m2	Espesor de losa	Ubicación	Plantas
Concesionario Ford	1465 Contrapiso 646 Entrepiso	10 -12 cm	Av. Boyacá con 170	Dos

5.1.2. PRESUPUESTOS Y PROGRAMACIONES

La industria de la construcción es una actividad de enorme importancia en la economía de cualquier país, por eso, y como una contribución a su desarrollo y de los profesionales que se encargan de llevar a cabo la planificación y ejecución de proyectos de construcción, se debe realizar la etapa presupuestal y de programación, esencial en todo proceso de organización de un proyecto y más en la industria de la construcción, donde en ocasiones se evidencian retrasos y sobrecostos.

Los presupuestos contemplan las actividades requeridas para el proceso constructivo y estructural de la losa de contrapiso y de entrepiso del concesionario. Las cantidades fueron extraídas de los planos estructurales y los precios unitarios de cada actividad para el presupuesto se calcularon con el análisis de precios unitarios. Para el cálculo de la dosificación de las macro fibras se basó en la información registrada en las fichas técnica y la composición de cada una de ellas.

5.1.2.1 RESULTADOS CON MALLA ELECTROSOLDADA

Este presupuesto involucra la colocación de malla electrosoldada en la losa de contrapiso y de entrepiso, con traslapo de 15 cm. Según los cálculos se requieren 203 mallas entre placa de contrapiso y de entrepiso.

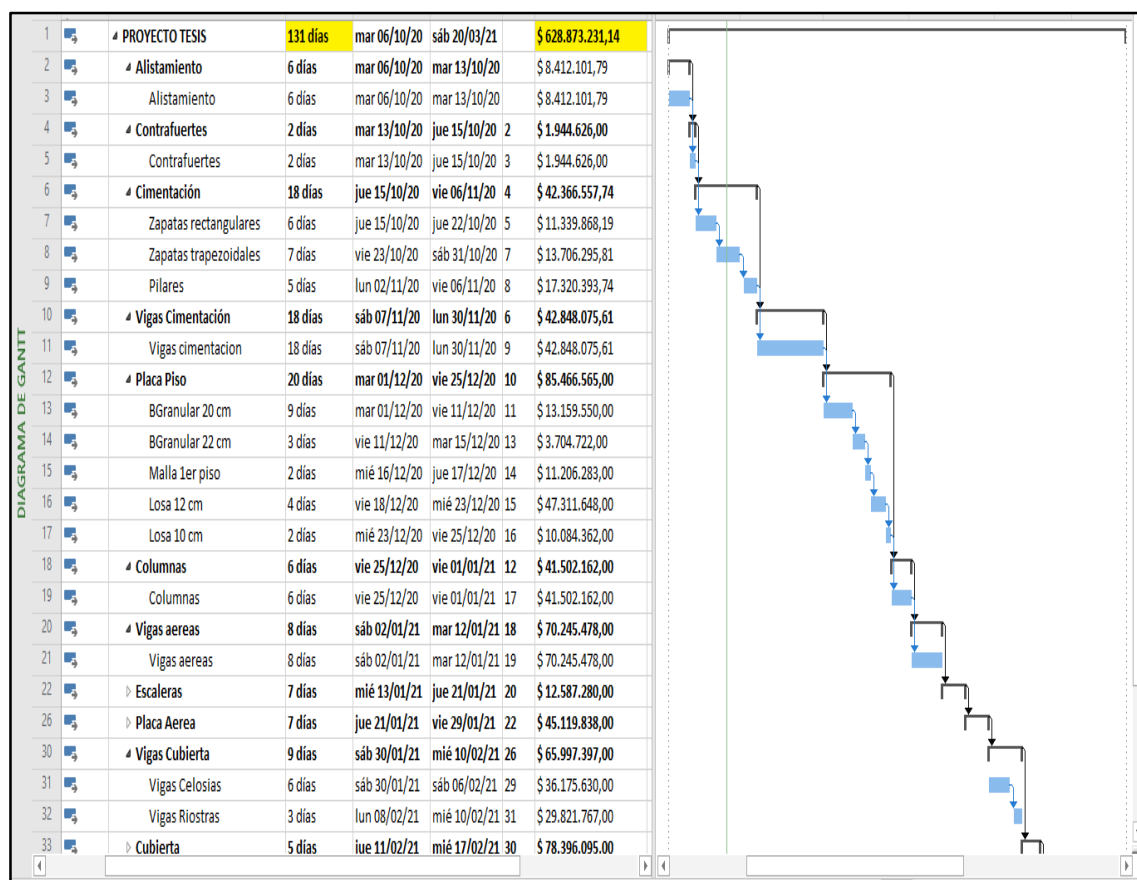
El valor del presupuesto con malla electrosoldada tiene un costo directo por **\$628.873.231,46**

Cuadro 7. Presupuesto con malla

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Malla electrosoldada	1.465,00	M2	\$ 7.649,34	\$ 11.206.283,10
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Malla electrosoldada	646,78	M2	\$ 7.649,34	\$ 4.947.440,13
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 628.873.231,46
			10%	\$ 62.887.323,15
			7%	\$ 44.021.126,20
			3%	\$ 18.866.196,94
			19%	\$ 3.584.577,42
TOTAL \$				758.232.455,18

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8. Programación con malla



Fuente: Elaboración propia

Al hacer la programación con malla, y teniendo en cuenta que la duración de instalación son dos días, el tiempo total del proyecto es de 131 días.

5.1.2.2 RESULTADOS CON FIBRAPLAS CONCRETE DE ABACOL

Esta macro fibra sintética estructural está fabricada bajo la Norma Internacional ASTM C-1116-10 Tipo 3 y Norma NSR10.

Fue diseñada para ser involucrada de forma fácil al concreto, mejorando sus propiedades, reemplazando la malla electrosoldada, siendo fibra de refuerzo para el concreto. La dosificación utilizada para el presupuesto fue de 3.2kg/m³ de concreto, teniendo en cuenta sus propiedades, ficha técnica y las recomendaciones de uso del proveedor.

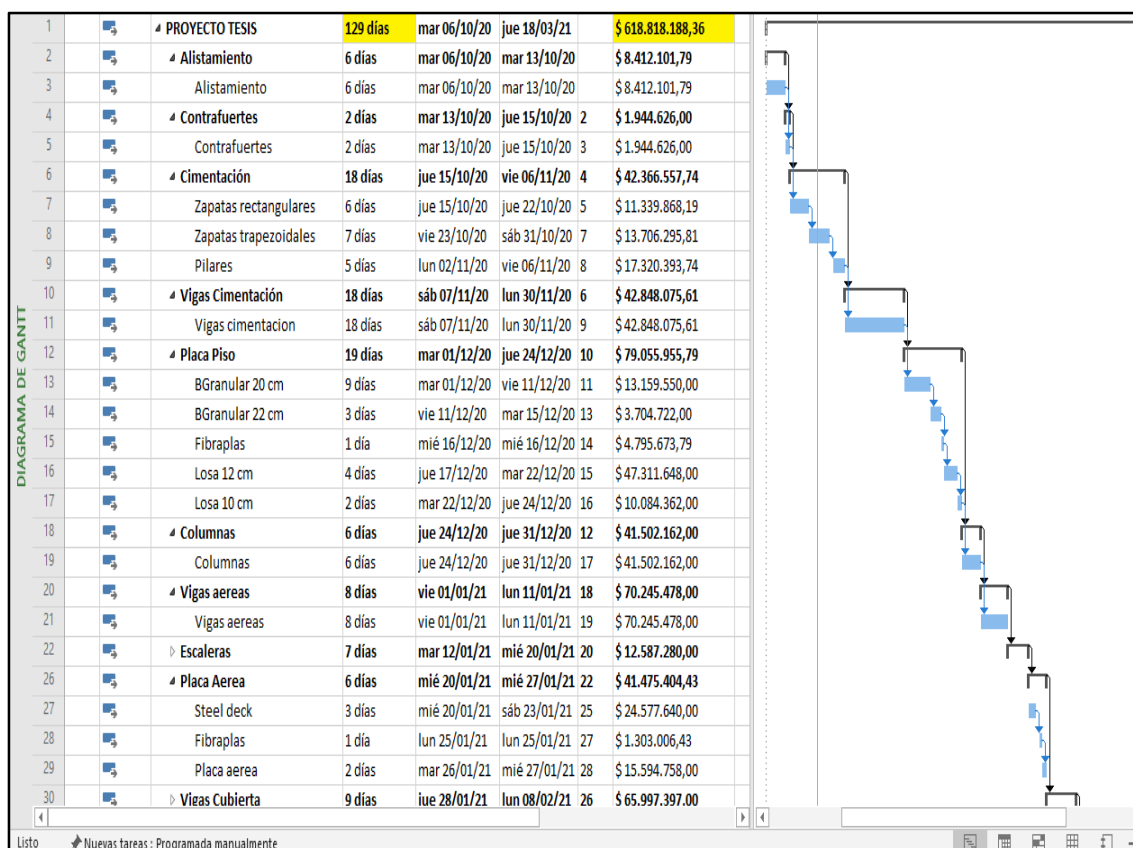
El valor del presupuesto con esta fibra Abacol en costo directo es de **\$618.818.188,46**

Cuadro 9. Presupuesto con Fibraplas

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Fibraplas concrete	543,30	KG	\$ 8.827,00	\$ 4.795.673,79
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Fibraplas concrete	147,62	KG	\$ 8.827,00	\$ 1.303.006,43
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 618.818.188,46
10%				\$ 61.881.818,85
7%				\$ 43.317.273,19
3%				\$ 18.564.545,65
19%				\$ 3.527.263,67
TOTAL \$				746.109.089,83

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Programación con Fibraplas



Fuente: Elaboración propia

La programación con fibraplas arroja un tiempo de 129 días, ya que con ella no se requiere instalación, sino que se agrega directamente al concreto en la mezcladora y luego se bombea.

5.1.2.3 RESULTADOS CON FIBRA FORTA DE COPROPISOS

Esta es una macro fibra de alto desempeño para pisos, túneles, prefabricados. Se utilizó una dosificación de 3,5 kg/m³ sugerida por el proveedor.

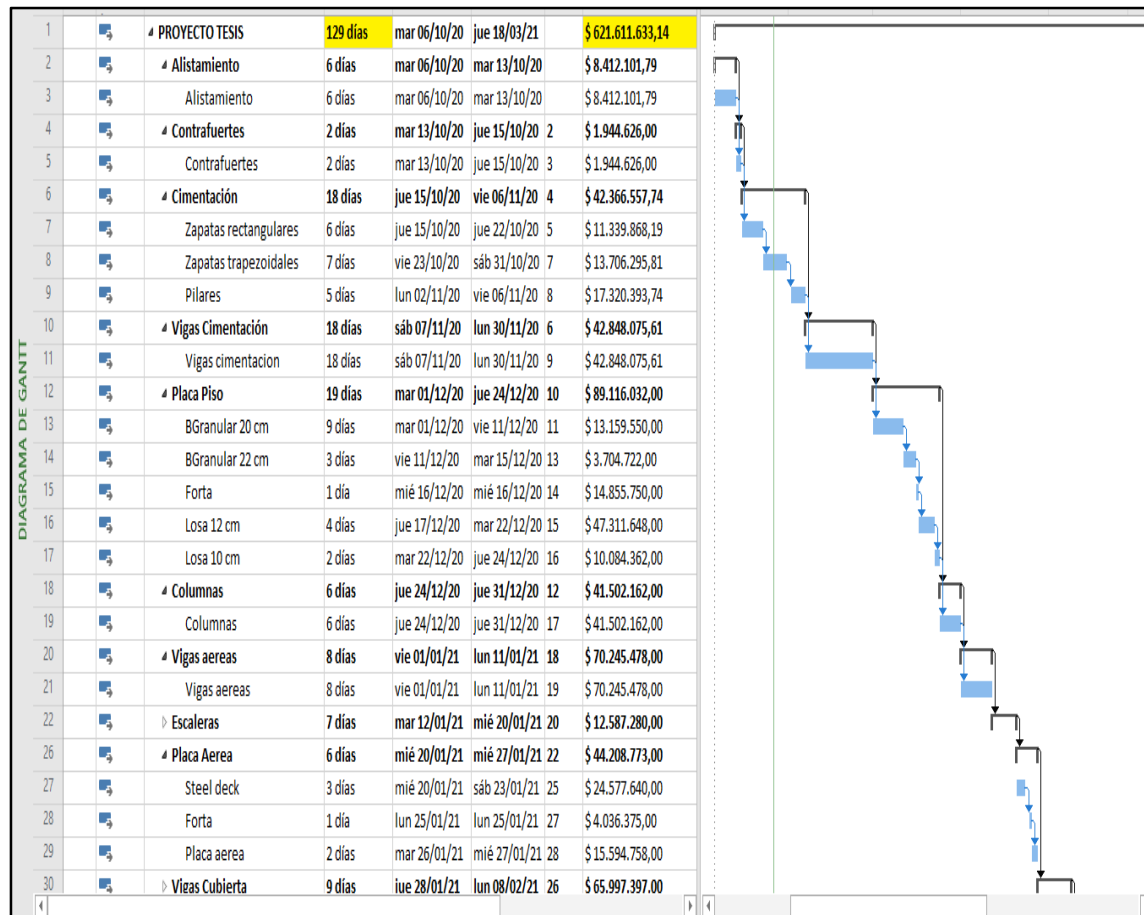
El valor de este presupuesto con fibra Forta en costo directo es de **\$ 631.611.633,24**.

Cuadro 11. Presupuesto con fibra Forta

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Fibra FORTA	594,23	KG	\$ 25.000,00	\$ 14.855.750,00
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Fibra FORTA	161,46	KG	\$ 25.000,00	\$ 4.036.375,00
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 631.611.633,24
10%				\$ 63.161.163,32
7%				\$ 44.212.814,33
3%				\$ 18.948.349,00
19%				\$ 3.600.186,31
TOTAL \$				761.534.146,20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 12. Programación con fibra Forta



Fuente: Elaboración propia

La programación con macro fibra Forta arroja un tiempo de 129 días, ya que con ella no se requiere instalación, sino que se agrega directamente al concreto en la mezcladora y luego se bombea.

5.1.2.4 RESULTADOS CON FIBRA MAXTEN DE TOXEMEN

Son macro fibras sintéticas usadas para reemplazar la malla electrosoldada como refuerzo secundario (refuerzo por temperatura) en la construcción de placas, losas y elementos prefabricados de concreto de hasta 21MPa de resistencia a compresión. Se utilizó una dosificación de 1,8 kg/ m3.

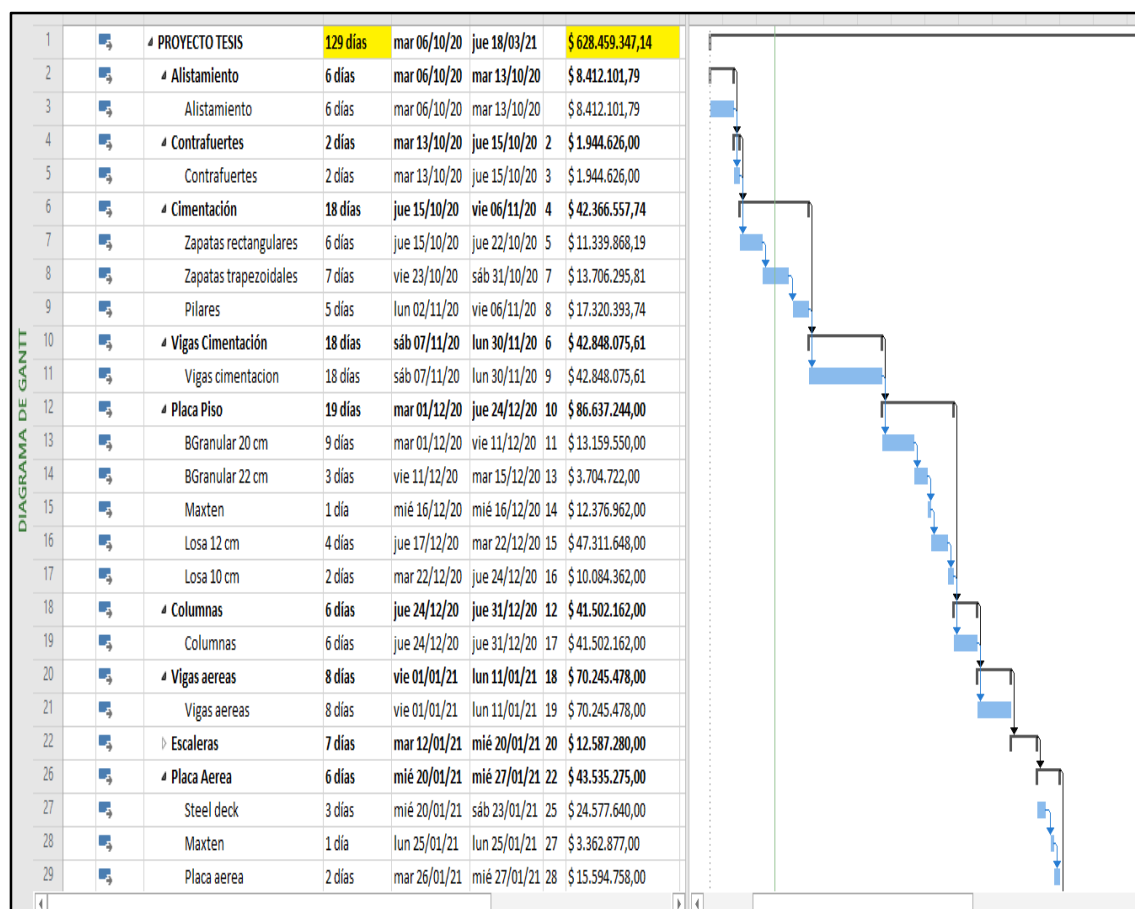
El valor de este presupuesto con fibra Maxten en costo directo es de **\$628.459.347,24**

Cuadro 13. Presupuesto con fibra Maxten

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Maxten	305,60	KG	\$ 40.500,00	\$ 12.376.962,00
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Maxten	83,03	KG	\$ 40.500,00	\$ 3.362.877,00
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 628.459.347,24
10%				\$ 62.845.934,72
7%				\$ 43.992.154,31
3%				\$ 18.853.780,42
19%				\$ 3.582.218,28
TOTAL \$				757.733.434,96

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14. Programación con fibra Maxten



Fuente: Elaboración propia

La programación con macro fibra Maxten arroja un tiempo de 129 días, ya que con ella no se requiere instalación, sino que se agrega directamente al concreto en la mezcladora y luego se bombea.

5.1.2.5 RESULTADOS CON FIBRA SIKAFIBER AD DE SIKA

Es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que disminuye el agrietamiento de concretos y morteros, está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados, polímeros sintéticos que anulan la tendencia a reducir el asentamiento del concreto, propia de otro tipo de fibras convencionales. Se utilizó una dosificación 1kg/m.

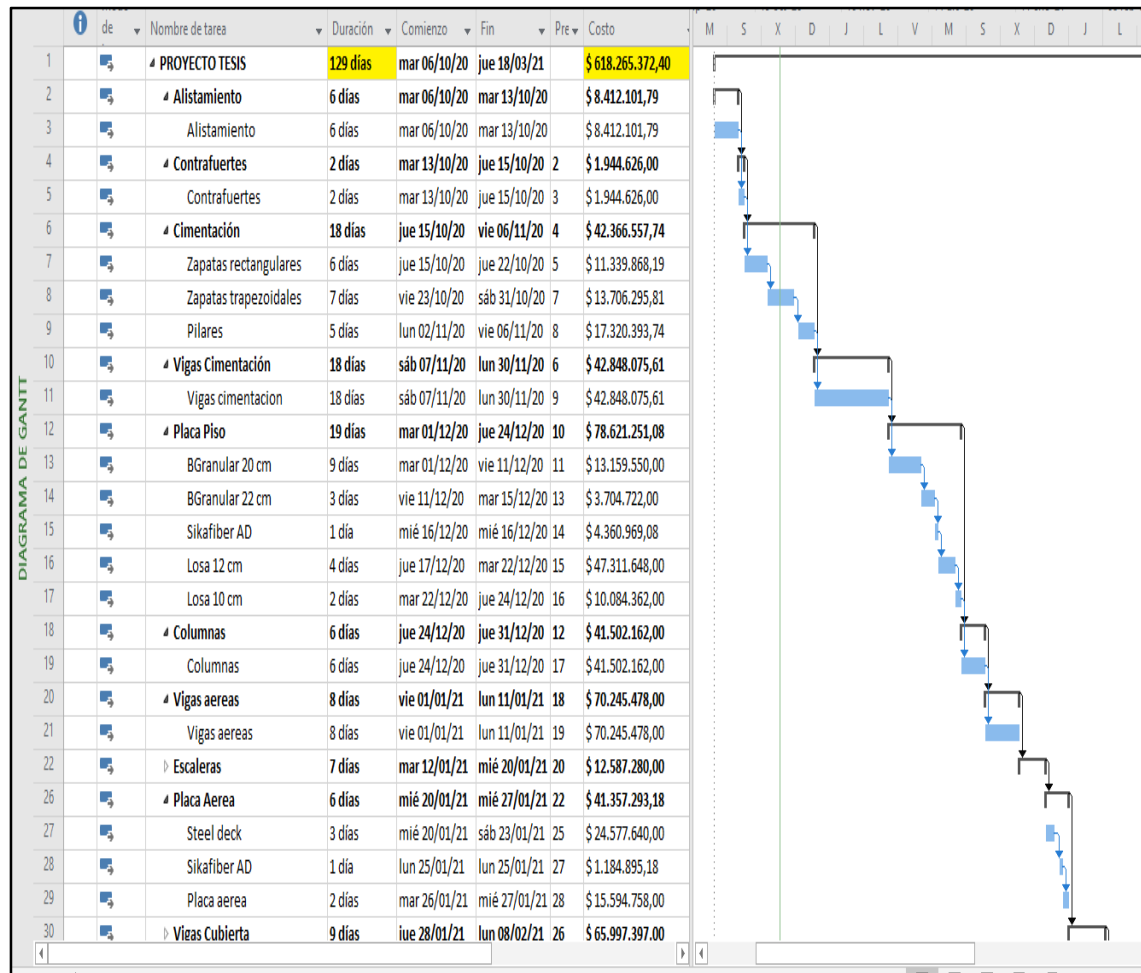
El valor de este presupuesto con fibra SikaFiber en costo directo es de **\$618.265.372,50**

Cuadro 15. Presupuesto con fibra Sikafiber AD

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Sikafiber AD	169,78	KG	\$ 25.686,00	\$ 4.360.969,08
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Sikafiber AD	46,13	KG	\$ 25.686,00	\$ 1.184.895,18
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 618.265.372,50
10%				\$ 61.826.537,25
7%				\$ 43.278.576,07
3%				\$ 18.547.961,17
19%				\$ 3.524.112,62
TOTAL \$				745.442.559,62

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16. Programación con fibra Sikafiber AD



Fuente: Elaboración propia

La programación con macrofibra Sikafiber AD arroja un tiempo de 129 días, ya que con ella no se requiere instalación, sino que se agrega directamente al concreto en la mezcladora y luego se bombea.

5.1.2.6 RESULTADOS CON FIBRA TUF STRAND SF DE TOXEMEN

Son fibras sintéticas estructurales mezcla de polipropileno / polietileno, monofilamento, las cuales se auto fibrilan cuando se incorporan en la mezcla de concreto, utilizadas exitosamente para reemplazar la malla electrosoldada. Se utilizó una dosificación de 2.5kg/m3

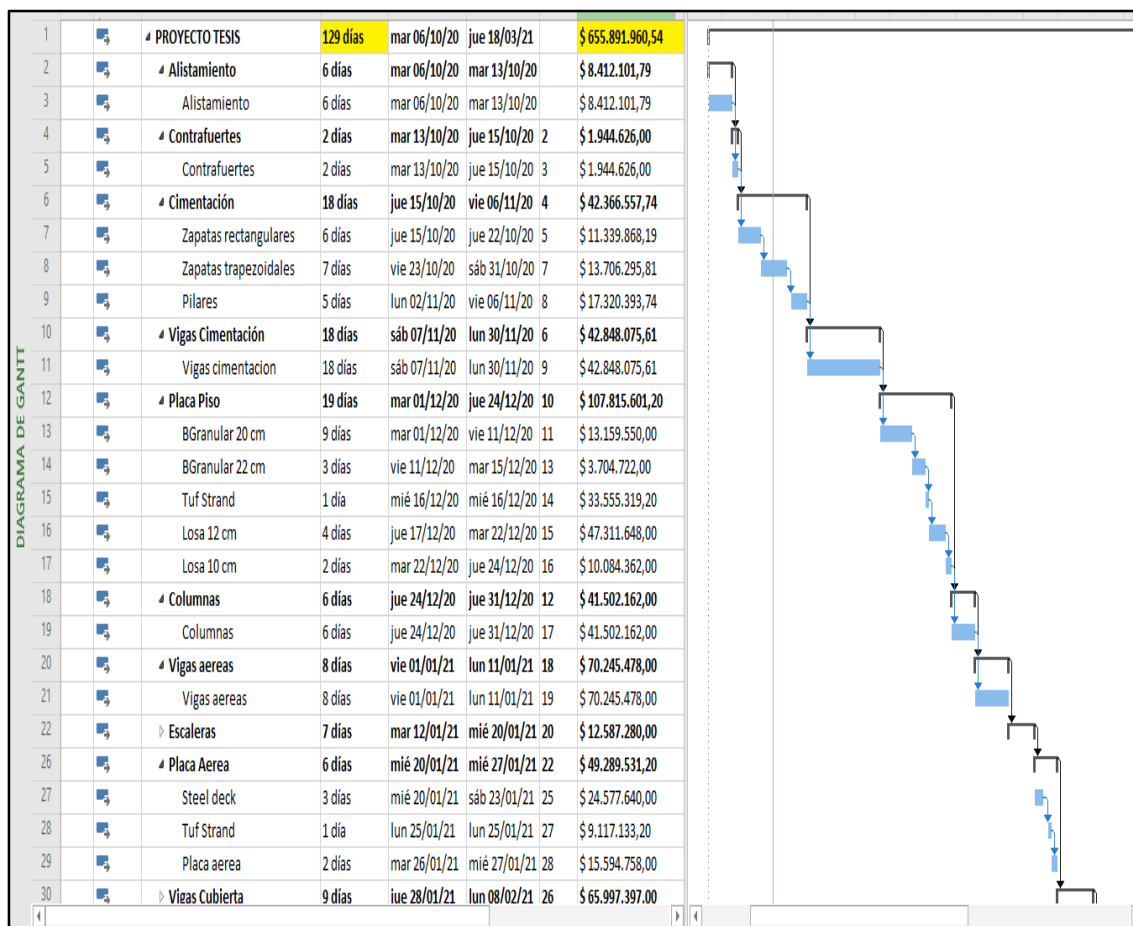
El valor de este presupuesto con fibra Tuf Strand en costo directo es de **\$655.391.960,64**

Cuadro 17. Presupuesto con fibra Tuf Strand

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UND	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alistamiento	1465	M2	\$ 5.742,05	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	8,64	M3	\$ 225.072,46	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	20,20	M3	\$ 561.379,61	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	24,41	M3	\$ 561.503,31	\$ 13.706.295,81
Pilares	14,86	M3	\$ 1.165.571,58	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	43,24	M3	\$ 990.936,07	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	299,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	1.166,00	M2	\$ 56.440,00	\$ 13.159.550,40
Tuf Strand	458,41	KG	\$ 73.200,00	\$ 33.555.319,20
Placa 12 cm	299,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	1.166,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 47.311.648,15
Escaleras	1.500,00	KG	\$ 8.391,52	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	110,86	ML	\$ 2.434,43	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	598,42	ML	\$ 2.434,43	\$ 70.245.477,65
Steel deck	646,78	M2	\$ 38.000,00	\$ 24.577.640,00
Tuf Strand	124,55	KG	\$ 73.200,00	\$ 9.117.133,20
Placa 2do piso	626,00	M2	\$ 338.061,08	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	307,70	ML	\$ 2.434,43	\$ 36.175.629,80
Vigas celosias	1.362,68	ML	\$ 2.434,43	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	1.513,00	M2	\$ 51.815,00	\$ 78.396.095,00
Muros	675,00	M2	\$ 53.783,88	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	348,00	M2	\$ 181.560,16	\$ 63.182.935,68
Computadores	3,00	UND	\$ 4.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	3,00	UND	\$ 7.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS				\$ 655.391.960,64
10%				\$ 65.539.196,06
7%				\$ 45.877.437,24
3%				\$ 19.661.758,82
19%				\$ 3.735.734,18
TOTAL \$				790.206.086,94

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18. Programación con fibra Tuf Strand



Fuente: Elaboración propia

La programación con macrofibra Tuf Strand de Toxemen arroja un tiempo de 129 días, ya que con ella no se requiere instalación, sino que se agrega directamente al concreto en la mezcladora y luego se bombea.

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EL PROYECTO PROPUESTO

Como profesionales involucrados en la gestión de planeación y construcción de infraestructura, estimamos necesario la actualización en la ejecución de este tipo de proyectos con el objeto de evolucionar en la forma de incorporar de manera integral la metodología BIM.

Lo anterior supone, reunir prácticas de implementación de herramientas tecnológicas con metodologías exitosas, que demuestran la relación entre productividad y digitalización, optimizando la inversión de los recursos y de esta manera adaptarse al desarrollo de esta metodología.

El modelado de información de construcción (BIM), también llamado modelado de información para construcción es el proceso de generación y gestión de datos de obras durante su ciclo de vida, utilizando software dinámico de modelado en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en la planeación, diseño y construcción. Este proceso abarca la geometría, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

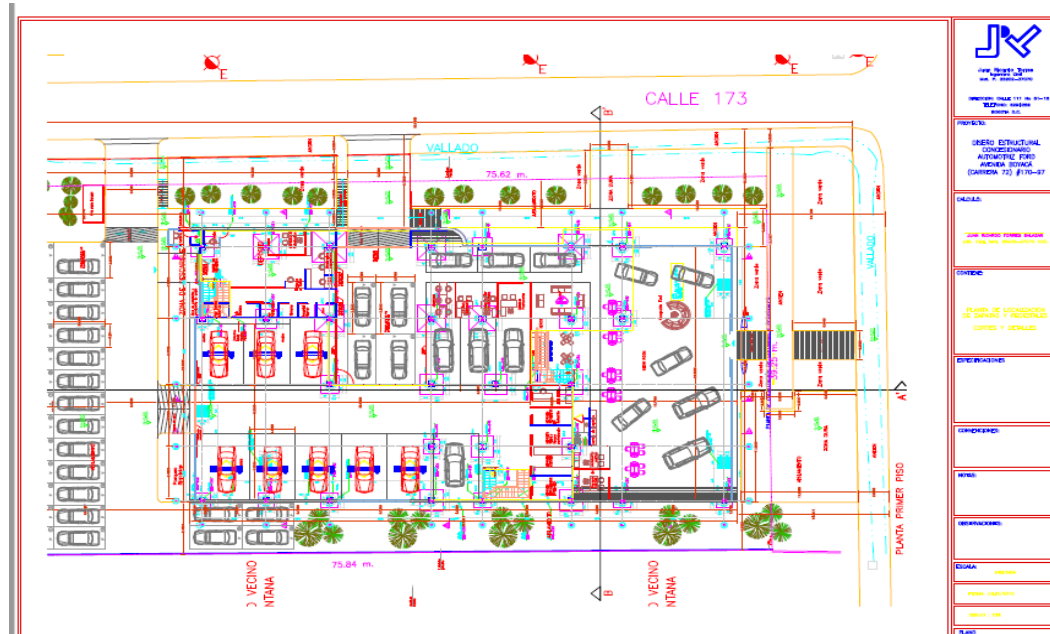
En los numerales siguientes se describe los pasos desarrollados para la modelación del proyecto; a partir de los planos en 2D (AutoCAD®) y a través del software Autodesk Revit® se desarrolla el modelo 3D, seguidamente se exporta al software Autodesk Naviswork® en el cual mediante la aplicación Time Liner (Línea de Tiempo) se obtiene la programación que por defecto arroja el Naviswork. Finalmente, y utilizando el software Microsoft Project®, se construye la programación con los tiempos y costos planeados del proyecto obteniendo los modelos 4D y 5D. En la modelación en Navisworks se ajusta la programación a los tiempos reales estimados y así se generan los resultados para su respectivo análisis.

5.2.1. PLANOS EN FORMATO AUTOCAD® (2D)

El Concesionario Ford es un espacio diseñado primordialmente para uso comercial y de oficinas en el nivel superior, cumpliendo con la necesidad evidenciada de la empresa para la venta, mantenimiento y taller de automóviles.

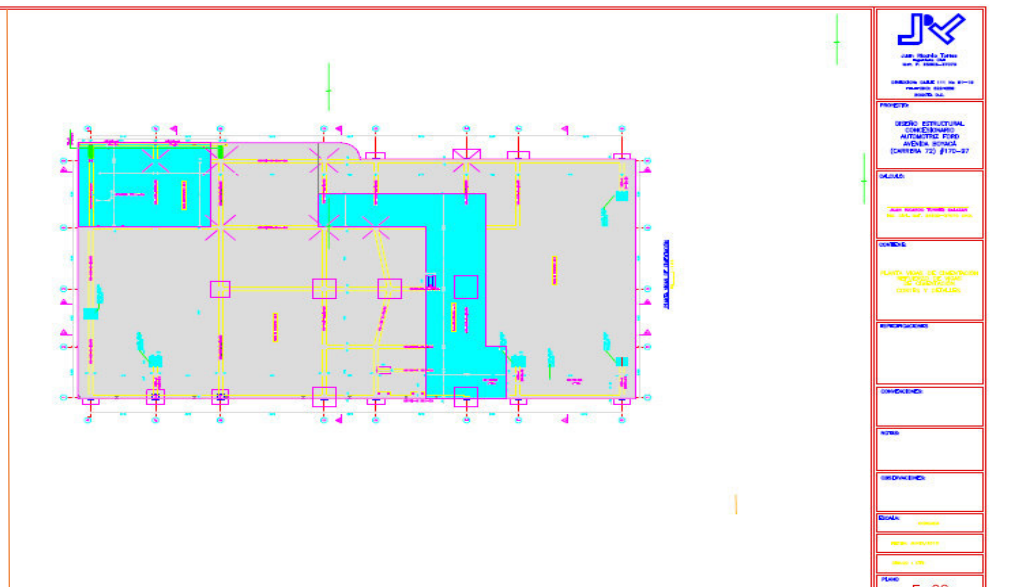
El diseño estructural del concesionario fue realizado por el Ingeniero Juan Ricardo Torres, se tomó este proyecto como caso de estudio ya que cumplía con las características necesarias para la implementación de macrofibras y mediante la recopilación de información con los planos estructurales y las cantidades de obra, se logra consolidar una buena base de trabajo con información primordial para desarrollar la implementación BIM del proyecto.

Figura 14. Planos de planta.



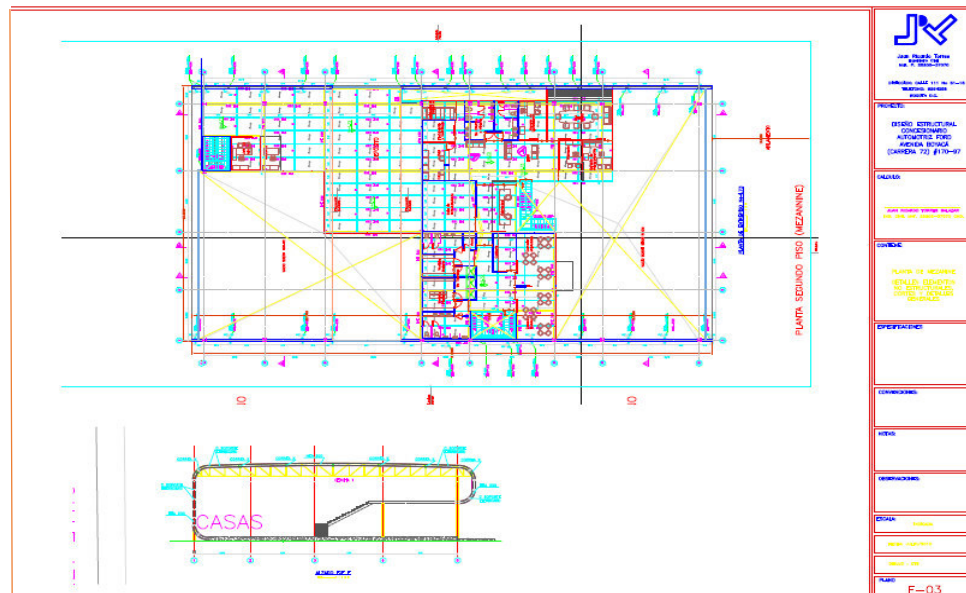
Fuente: Ingeniero Juan Ricardo Torres

Figura 15. Plano placa de contrapiso



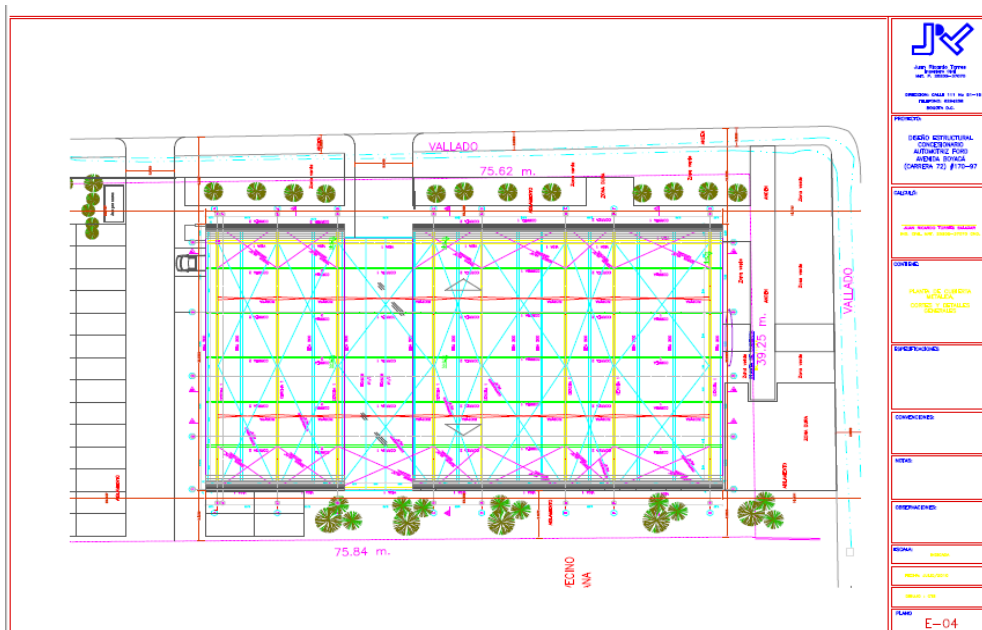
Fuente: Ingeniero Juan Ricardo Torres

Figura 16. Plano placa segundo piso



Fuente: Ingeniero Juan Ricardo Torres

Figura 17. Plano de cubierta



Fuente: Ingeniero Juan Ricardo Torres

5.2.2 MODELACIÓN DEL PROYECTO EN REVIT (3D)

A partir del modelo en 2D, planos en AutoCAD, se importa el proyecto en el Software Autodesk Revit®, siguiendo la secuencia de construcción, se realiza un pre-dimensionamiento de los elementos estructurales que componen el edificio para la ejecución del modelo, a partir de la información recopilada se genera el modelo 3D que servirá como base para el consecuente desarrollo del proyecto.

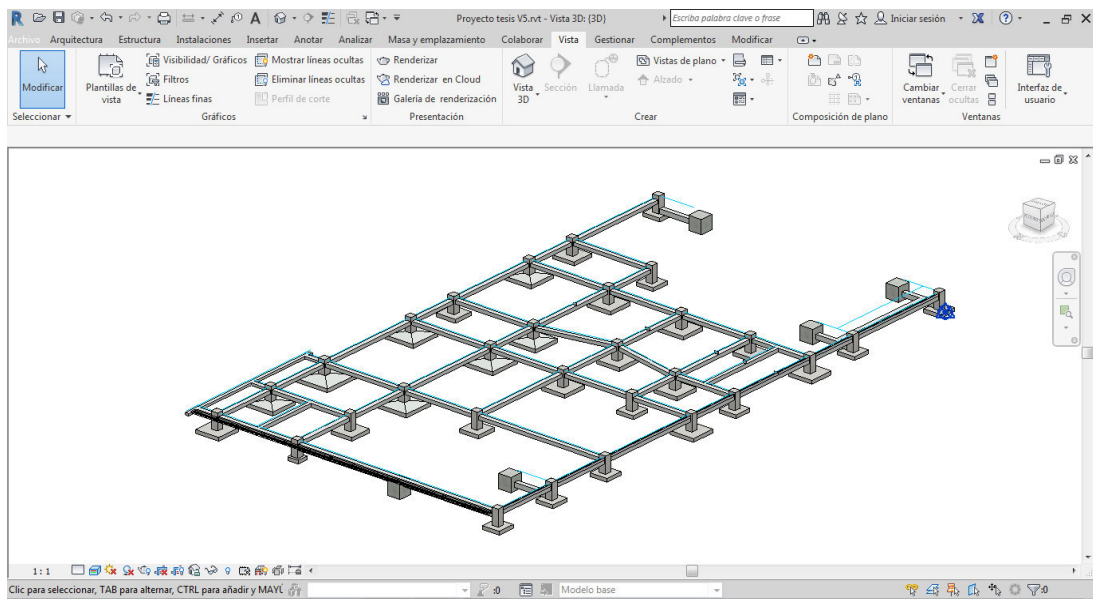
Con el Autodesk Revit el modelo gráfico difiere al utilizado tradicionalmente, debido a que se tienen que buscar los elementos cuyas propiedades se ajusten a los componentes que se realizarán en obra, los cuales se encuentran parametrizados en el programa.

Una de las principales ventajas del Revit es la posibilidad de obtener de manera rápida las tablas de cantidades de los elementos presentes en el proceso.

5.2.2.1 Cimentación

El modelo se inicia respetando los niveles constructivos, por lo cual se empieza con la cimentación de la edificación, que incluye las zapatas, los pilares estructurales y las vigas de cimentación, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. Modelación de la Cimentación

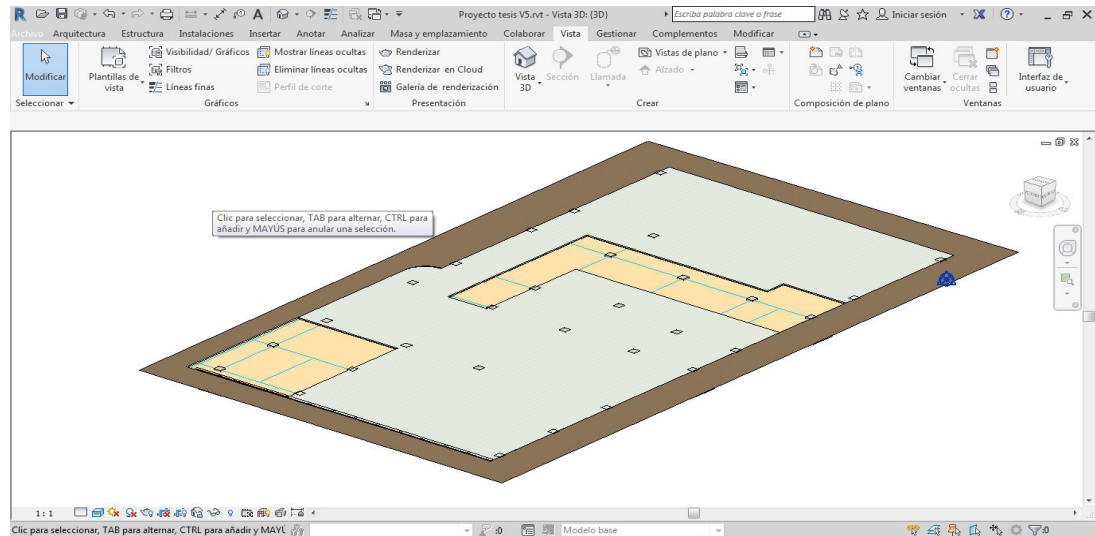


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Placa primer piso

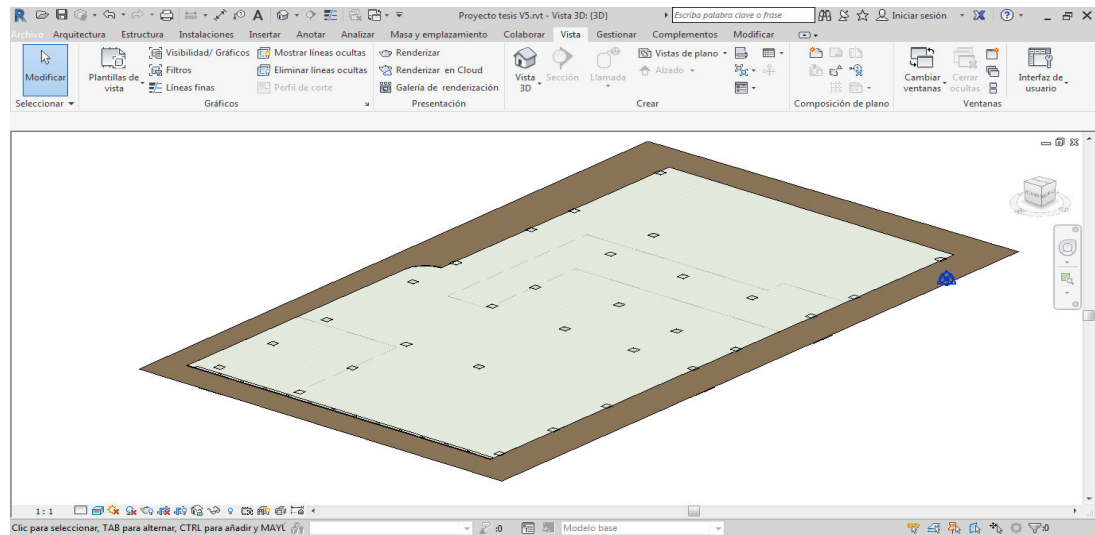
Para la placa de contrapiso se realiza la modelación de acuerdo a lo proyectado, en la cual se incluye la base granular de soporte y tres placas en concreto de 3000 PSI, con las siguientes especificaciones, un área continua de espesor 12 cm, y dos áreas independientes de espesor de 10 cm, tal como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 19. Modelación de la placa (e=0.12 m) primer piso



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Modelación de la placa del primer piso

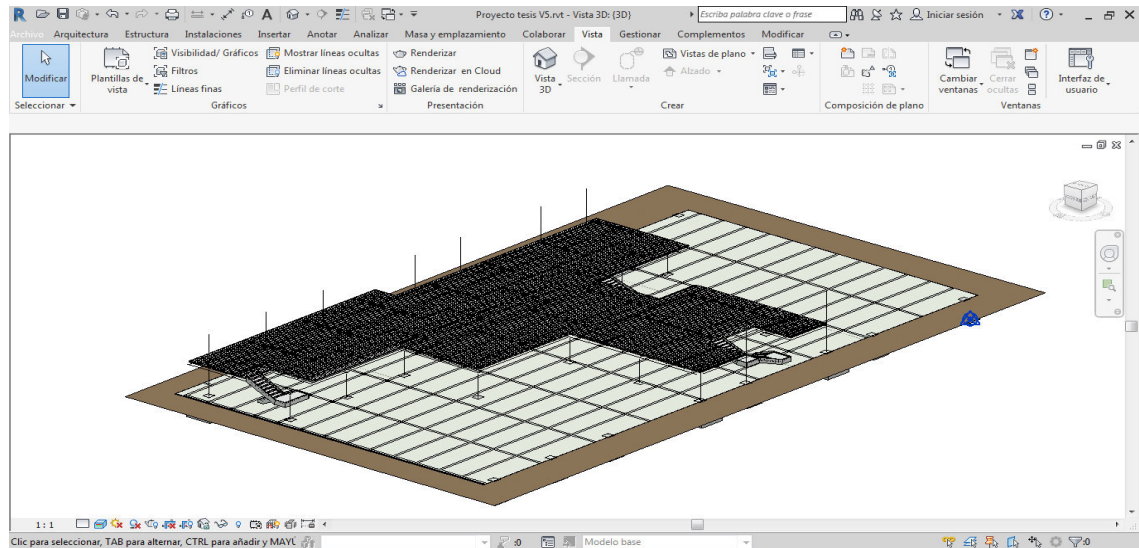


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 Placa segundo piso

En este nivel se incluyen las columnas, las vigas metálicas, las láminas de steeldeck y la placa en concreto del segundo piso

Figura 21. Modelación de la placa del segundo piso

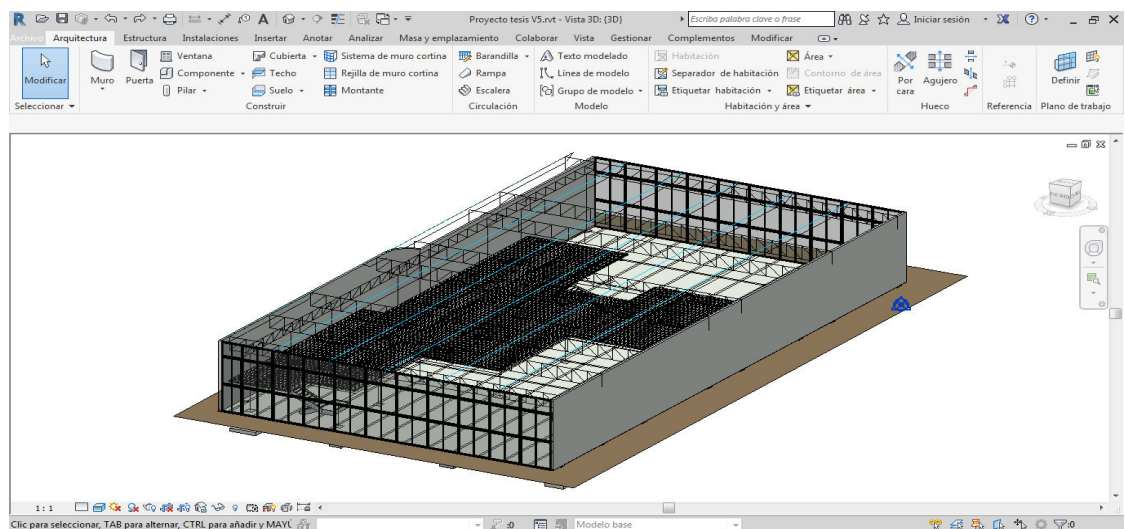


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4 Modelación del edificio

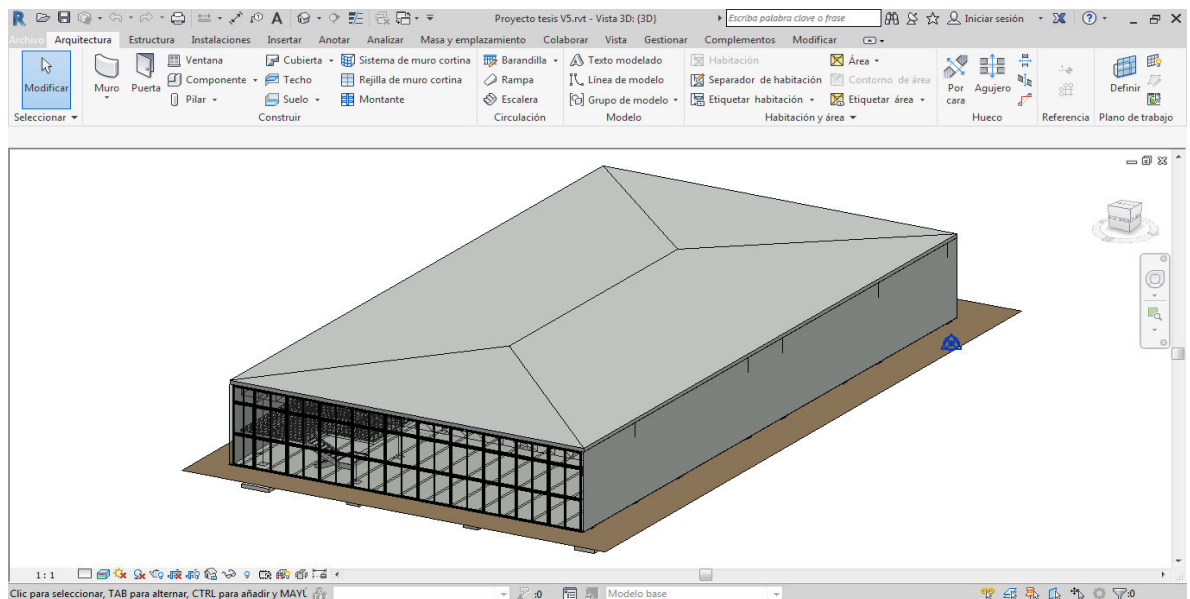
Posteriormente y mediante una plantilla arquitectónica se modelan los muros, ventanas y cubierta que determinan el aspecto final del edificio.

Figura 22. Modelo 3D del edificio (Muros y Fachadas)



Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Modelo 3D del edificio



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestra la imagen renderizada del modelo, exportada del Revit

Figura 24. Renderizado exportado del Autodesk Revit®



Fuente: Elaboración propia

5.2.3 PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO EN PROJECT (4D) TIEMPO Y COSTOS

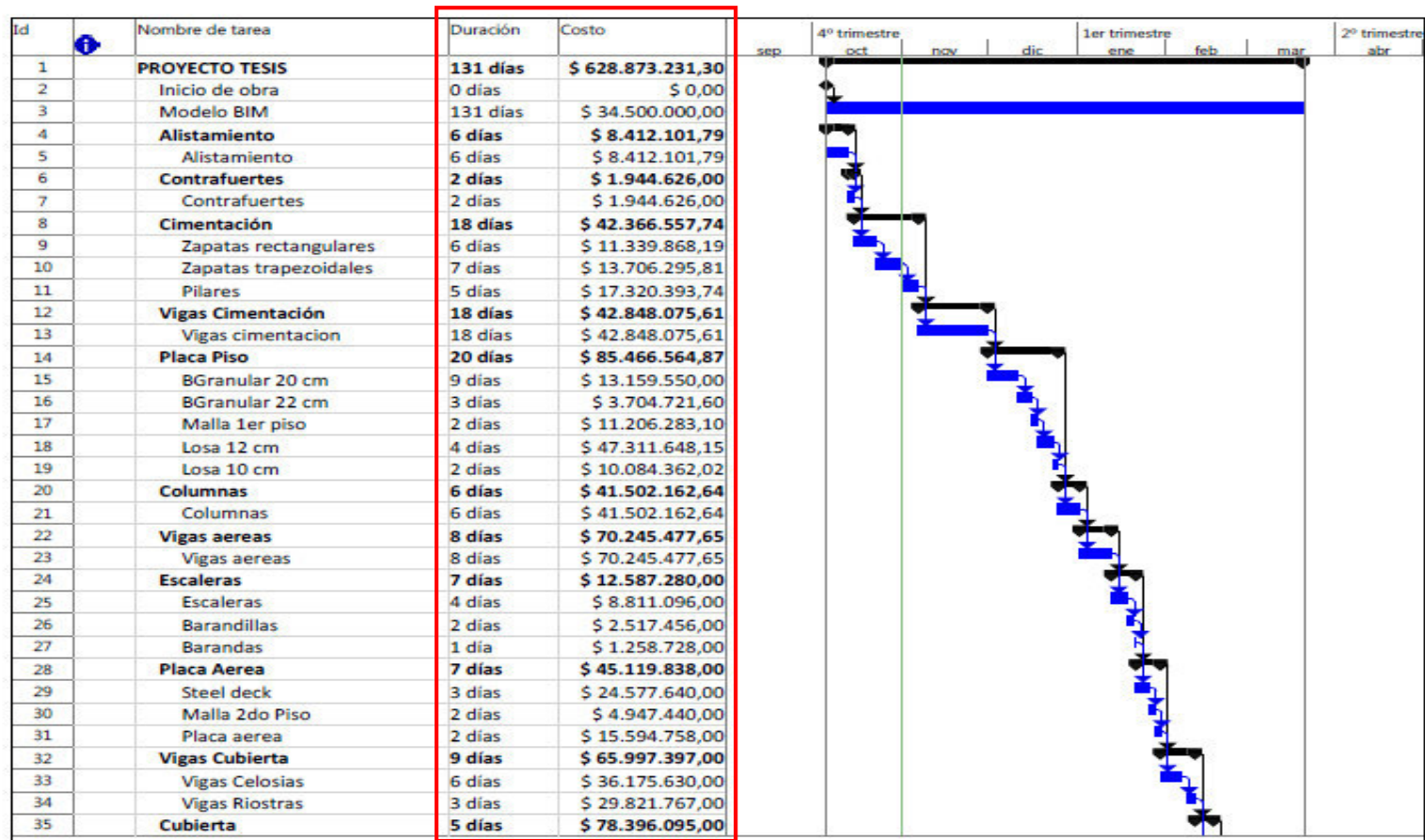
En la dimensión 4D se analiza la planificación de la obra, lo que se traduce en considerar la dimensión del tiempo en la ejecución del proyecto. De tal modo que se definan las fases del proyecto, se establezca su planificación temporal y pueda generarse las simulaciones de parámetros variables.

A través del programa Microsoft Project se organiza cronológicamente las tareas a desarrollar para la ejecución del proyecto involucrando el manejo de los trabajadores, los insumos para la construcción, equipos, costos, entre otros, con sus respectivos rendimientos.

En la figura No 25 se representa la programación del proyecto utilizando la malla electrosoldada, obteniendo una duración total de la etapa de construcción de 131 días, estimando que en el proceso de instalación de las mallas electro soldadas se tomará un día por cada una de las placas.

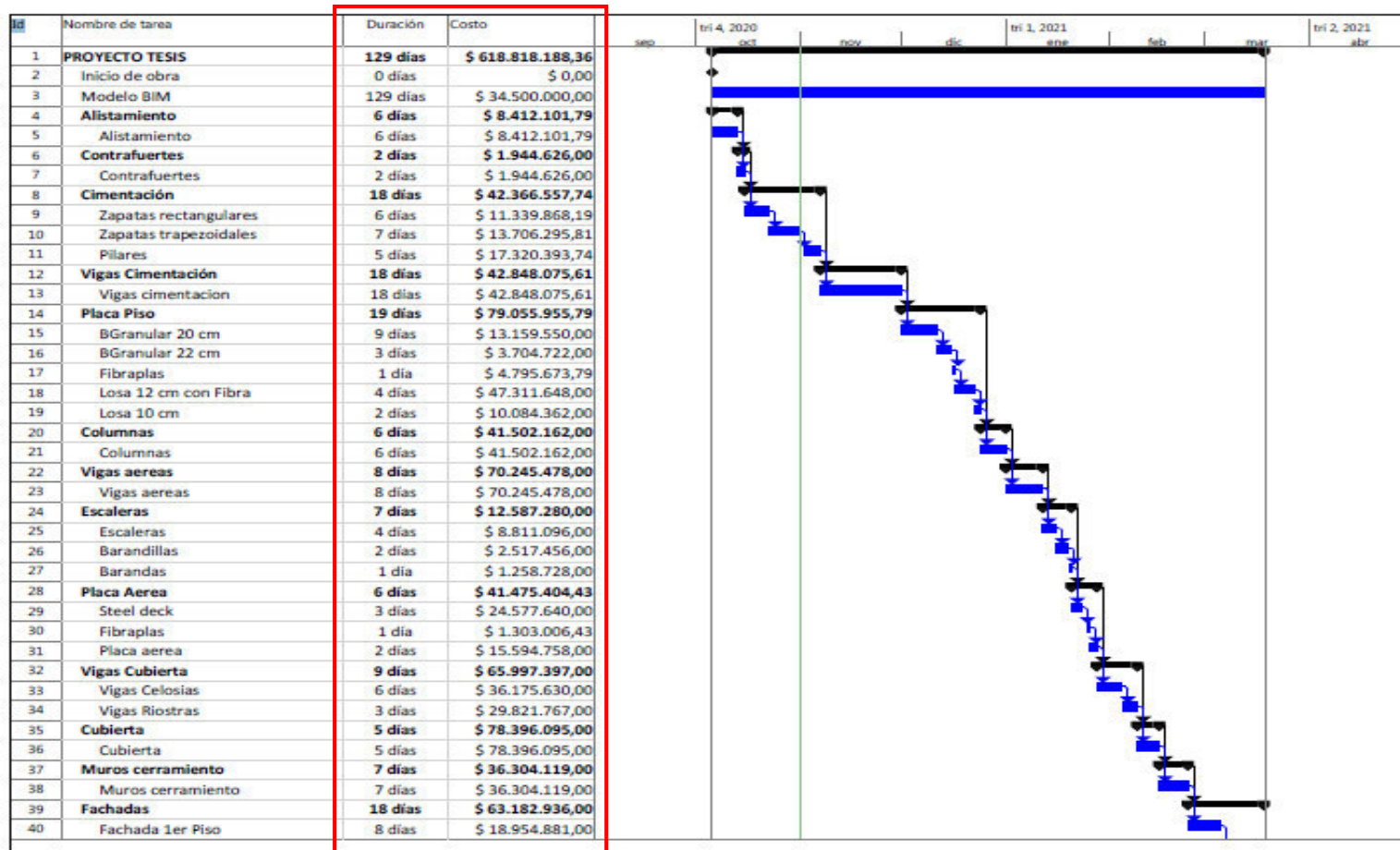
En la figura No 26 se representa la programación del proyecto utilizando las macrofibras, obteniendo una duración de la etapa de construcción de 129 días, para efecto de las diferentes macrofibras y teniendo en cuenta que se están modelando cinco diferentes tipos, se toma el mismo tiempo de instalación para cada una de estas, esto se hace porque estos tiempos están ligados al proceso de fundida de la placa, es decir la incorporación de las macrofibras se hace en el mismo momento en que se está extendiendo el concreto.

Figura 25. Programación base del proyecto con malla electrosoldada



Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Programación base del proyecto utilizando macrofibras



Fuente: Elaboración propia

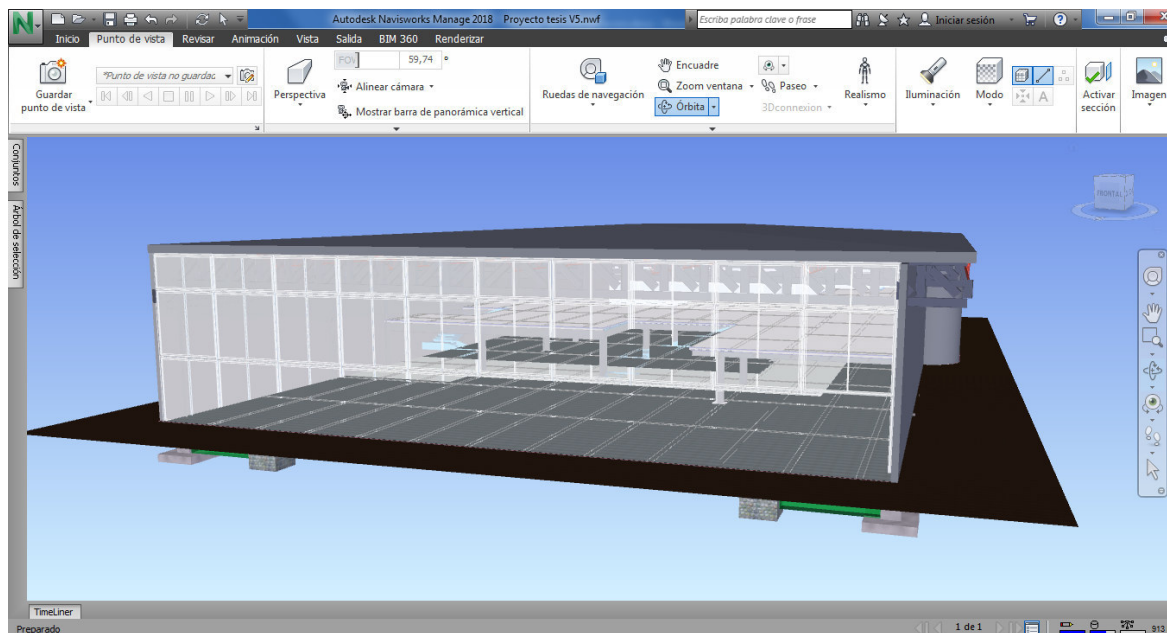
5.2.4 MODELACIÓN DEL PROYECTO EN NAVISWORK (5D)

La dimensión 5D de BIM es el proceso en el que se utiliza el modelo 3D y se incluye la dimensión en tiempo y la dimensión de costos, en la cual se genera la secuencia constructiva y se puede analizar los requisitos en obra, derivados de los trabajos a realizar. En la actualidad existen diversos programas que generan esta interacción y posterior simulación, para este trabajo se utiliza el software desarrollado por Autodesk denominado Navisworks.

El Naviswork permite la unificación del modelo en 3D realizado en Revit, es la herramienta BIM que simula el proceso constructivo, ejecutando cada una de las tareas propuestas para los elementos previamente modelados⁴¹. La principal ventaja es la visualización gráfica, en la cual se puede observar con anterioridad el rendimiento y comportamiento de la construcción permitiendo evidenciar conflictos en la planificación, tareas desorganizadas, actividades realizadas anticipadamente y retrasos.

En la siguiente figura se visualiza el proyecto una vez se importa desde el Autodesk Revit

Figura 27. Vista en perspectiva del proyecto



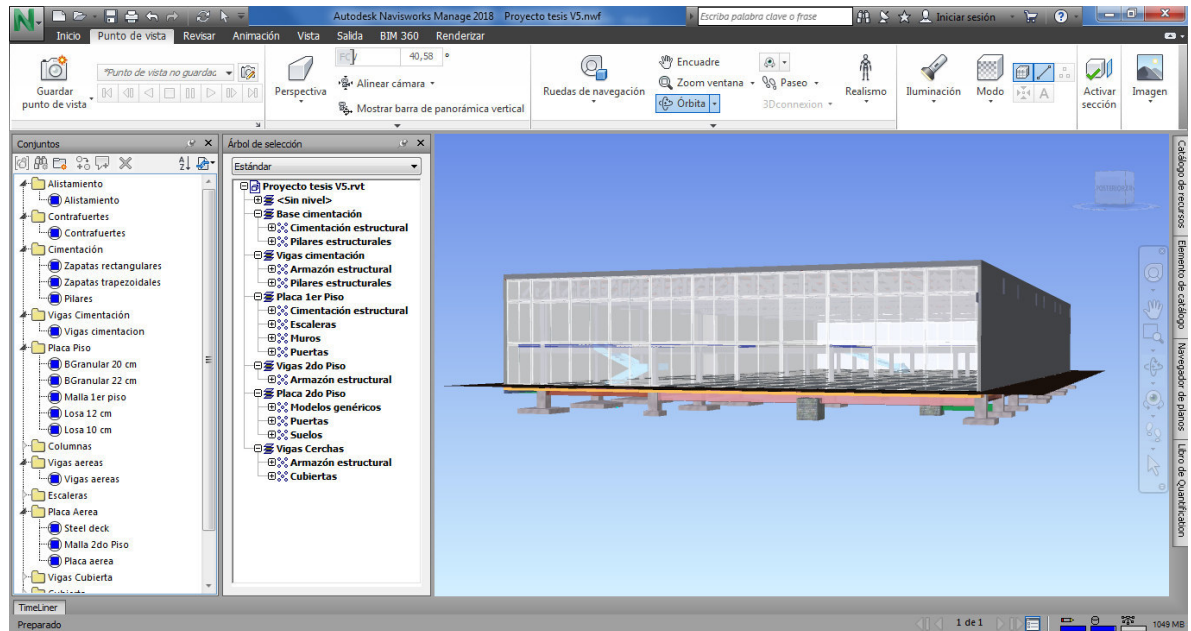
Fuente: Elaboración propia

Cuando se obtiene el modelo importado, a través del árbol de selección se

⁴¹ PARRA Diettes, Silvia; VECINO Carlos Alberto; Utilización de Tecnologías BIM en el Modelado y Simulación del Proceso Constructivo de Edificaciones en Altura; Universidad Industrial de Santander.2014

seleccionan los conjuntos para crear la secuencia constructiva lógica del modelo, es decir, se crean los conjuntos de cimentación, vigas de cimentación, placa de contrapiso, columnas, vigas aéreas, escaleras, placa aérea, vigas de cubierta, cubierta, muros perimetrales y finalmente las fachadas.

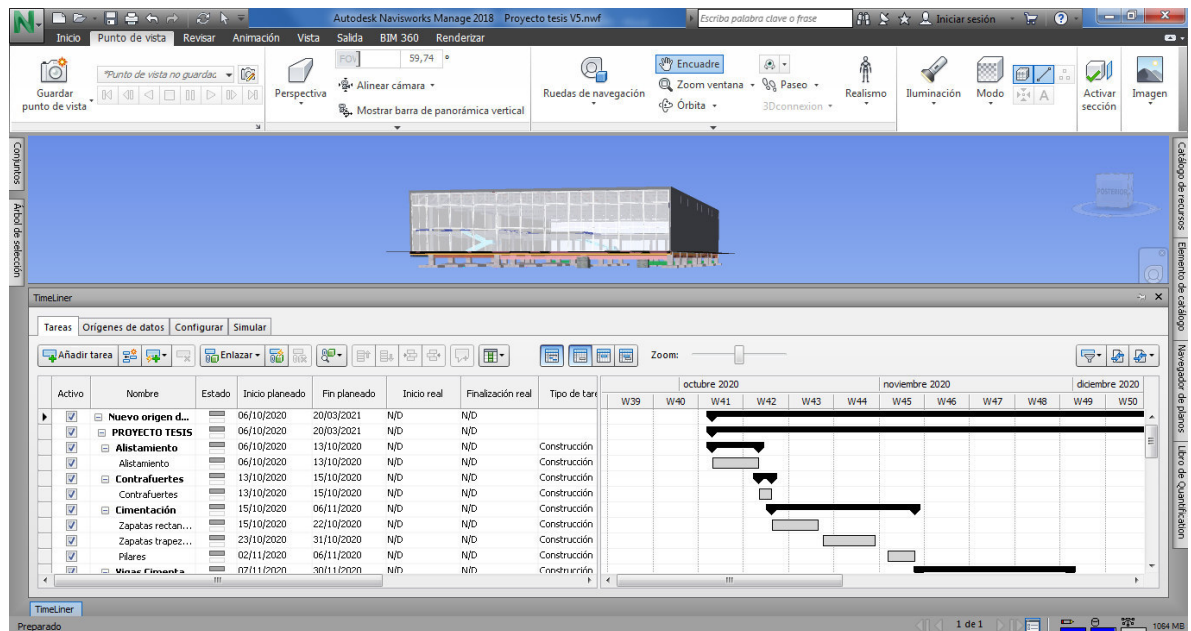
Figura 28. Selección de Conjuntos



Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es obtener la línea de tiempo, una vez determinados los conjuntos se utiliza el comando de línea de tiempo y se introducen los conjuntos creados en el paso anterior, el programa automáticamente crea una programación con tiempos asignados por defecto, esta programación finalmente se reemplaza por la que se crea en Microsoft Project.

Figura 29. Obtención de la línea de tiempo (Time Liner)



Fuente: Elaboración propia

La modelación puede visualizarse en el link <https://youtu.be/KkHIRn9s2EI>

5.3 COMPARACION DE COSTO Y TIEMPO, EMPLEANDO MACROFIBRAS SINTÉTICAS Y LA METODOLOGIA BIM VS. LOSAS DE CONTRA PISO CON MALLA ELECTROSOLDADA

A partir del análisis de los presupuestos y las programaciones, se logró determinar el costo directo y el tiempo en días para la ejecución del proyecto con cada una de las alternativas planteadas.

5.3.1 COMPARACION DE COSTOS

En cada presupuesto se mantienen las cantidades de las demás actividades teniendo en cuenta que no se presentaron cambios en la estructura de la edificación, tales como la cimentación, vigas de cimentación, estructura metálica, vigas de cubierta, muros de cerramiento, fachadas y cubierta, siendo el refuerzo tanto de la placa de contrapiso como la de entrepiso la única variable cambiante.

El precio de las fibras está supeditado a cada uno de los proveedores, a los cuales se solicitaron las respectivas cotizaciones, igualmente la cantidad requerida por m³ se tomó de acuerdo a las especificaciones técnicas de los fabricantes.

A continuación, en los cuadros No 19 y No 20, se relaciona los comparativos de los costos de cada una de las alternativas, en el primer cuadro se relacionan los costos directos al utilizar la malla electrosoldada y de cada una de las fibras propuestas, en el segundo cuadros se relacionan los costos implementando la metodología BIM en el proyecto.

Cuadro 19. Comparativo de costos directos

ACTIVIDAD	VALOR CON FIBRA SIKAFIBER	VALOR CON FIBRA FIBRAPLAST	VALOR TOTAL FIBRA MAXTEN	VALOR TOTAL MALLA ELECTROSOLDADA	VALOR TOTAL FIBRA FORTA	VALOR CON FIBRA TUF STRAND
Alistamiento	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.102	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.296	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81
Pilares	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.394	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.076	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.722	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40
Malla Electrosoldada o Fibra	\$ 4.360.969,08	\$ 4.795.674	\$ 12.376.962,00	\$ 11.206.283,10	\$ 14.855.750,00	\$ 33.555.319,20
Placa 12 cm	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15
Escaleras	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.163	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.478	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65
Steel deck	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00
Malla Electrosoldada o Fibra	\$ 1.184.895,18	\$ 1.303.006	\$ 3.362.877,00	\$ 4.947.440,13	\$ 4.036.375,00	\$ 9.117.133,20
Placa 2do piso	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.758	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.630	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80
Vigas celosías	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.768	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00
Muros	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.936	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68
COSTOS DIRECTOS	\$ 583.765.372,50	\$ 584.318.188,46	\$ 593.959.347,24	\$ 594.373.231,46	\$ 597.111.633,24	\$ 620.891.960,64

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20. Comparativo de costos incluyendo la metodología BIM

ACTIVIDAD	VALOR TOTAL CON FIBRA SIKAFIBER	VALOR TOTAL CON FIBRA FIBRAPLAST	VALOR TOTAL CON FIBRA MAXTEN	VALOR TOTAL CON MALLA ELECTROSOLDADA	VALOR TOTAL CON FIBRA FORTA	VALOR TOTAL CON FIBRA TUF STRAND
Alistamiento	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.102	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79	\$ 8.412.101,79
Contrafuertes en ciclopeo	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05	\$ 1.944.626,05
Zapatas Rectangulares	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19	\$ 11.339.868,19
Zapatas trapezoidales	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.296	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81	\$ 13.706.295,81
Pilares	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.394	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74	\$ 17.320.393,74
Vigas Cimentación	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.076	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61	\$ 42.848.075,61
Base Granular 10 cm	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.722	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60	\$ 3.704.721,60
Base Granular 12 cm	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40	\$ 13.159.550,40
Malla Electrosoldada o Fibra	\$ 4.360.969,08	\$ 4.795.674	\$ 12.376.962,00	\$ 11.206.283,10	\$ 14.855.750,00	\$ 33.555.319,20
Placa 12 cm	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02	\$ 10.084.362,02
Placa 10 cm	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15	\$ 47.311.648,15
Escaleras	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00	\$ 12.587.280,00
Columnas IPE	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.163	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64	\$ 41.502.162,64
Vigas segundo piso	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.478	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65	\$ 70.245.477,65
Steel deck	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00	\$ 24.577.640,00
Malla Electrosoldada o Fibra	\$ 1.184.895,18	\$ 1.303.006	\$ 3.362.877,00	\$ 4.947.440,13	\$ 4.036.375,00	\$ 9.117.133,20
Placa 2do piso	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.758	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62	\$ 15.594.757,62
Vigas Cerchas	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.630	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80	\$ 36.175.629,80
Vigas celosías	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.768	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50	\$ 29.821.767,50
Cubiertas	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00	\$ 78.396.095,00
Muros	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00	\$ 36.304.119,00
Fachadas Vidrios	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.936	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68	\$ 63.182.935,68
Computadores	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00
Software	\$ 22.500.000,00	\$ 22.500.000	\$ 22.500.000,00	\$ 22.500.000,00	\$ 22.500.000,00	\$ 22.500.000,00
COSTOS DIRECTOS	\$ 618.265.372,50	\$ 618.818.188,46	\$ 628.459.347,24	\$ 594.373.231,46	\$ 631.611.633,24	\$ 655.391.960,64

Fuente: Elaboración propia

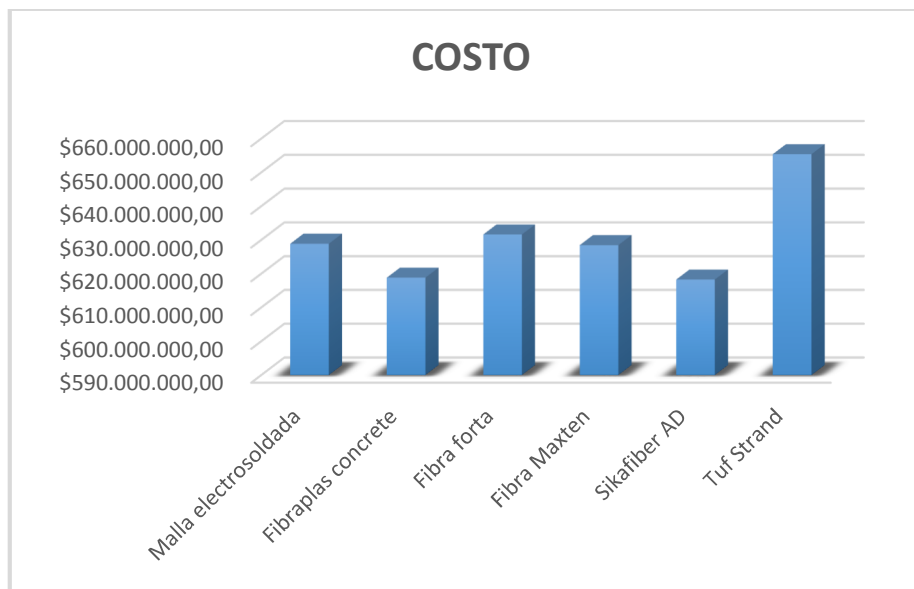
Cuadro 21. Resumen comparativo de costos

	COSTOS DIRECTOS		CON BIM	
VALOR TOTAL CON MALLA ELECTROSOLDADA	\$ 594.373.231,46		\$ 594.373.231,46	
VALOR TOTAL CON FIBRA SIKAFIBER	\$ 583.765.372,50	98,22%	\$ 618.265.372,50	104%
VALOR TOTAL CON FIBRA FIBRAPLAST	\$ 584.318.188,46	98,31%	\$ 618.818.188,46	104%
VALOR TOTAL CON FIBRA MAXTEN	\$ 593.959.347,24	99,93%	\$ 628.459.347,24	106%
VALOR TOTAL CON FIBRA FORTA	\$ 597.111.633,24	100,46%	\$ 631.611.633,24	106%
VALOR TOTAL CON FIBRA TUF STRAND	\$ 620.891.960,64	104,46%	\$ 655.391.960,64	110%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se aprecia que el costo más alto, es utilizando la fibra Tuf Strand de Toxemen, con esta fibra se utiliza una dosificación recomendada por el proveedor de 2,5 kg/m³ y el precio más bajo es el de la fibra Sikafiber AD con una dosificación recomendada por el proveedor de 1kg/m³.

Figura 30. Comparación de Costos



Fuente: Elaboración propia

5.3.2 COMPARACION DE TIEMPOS

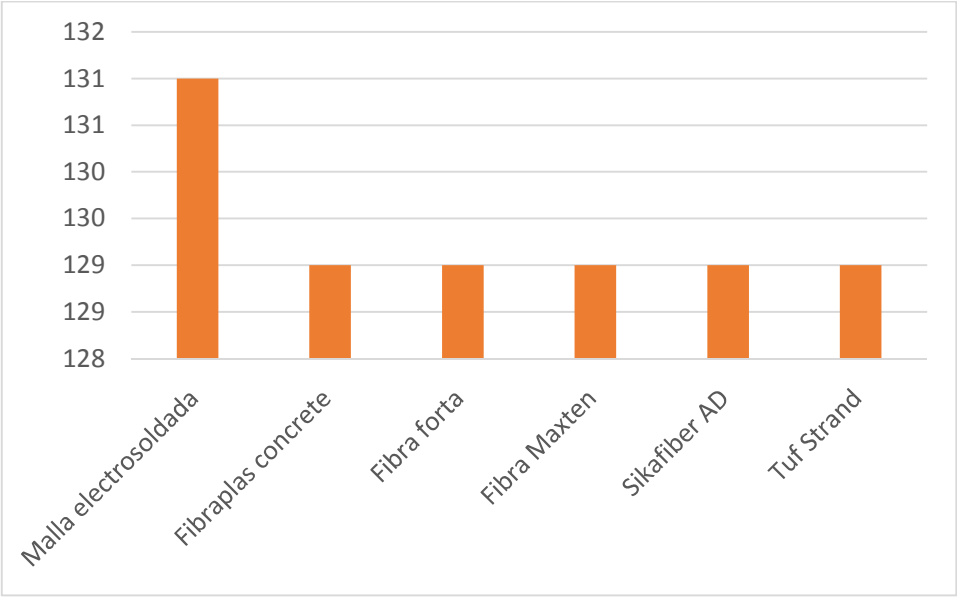
A partir de las programaciones en Project se determinó que la duración total del proyecto tiene una variación de 2 días frente al uso de malla electrosoldada ya que para la adición de fibras no se requiere de una duración específica pues se involucra en el mismo momento que se va a vaciar el concreto, es decir, que hace parte del tiempo requerido para la fundida de la losa. De esta manera el tiempo más bajo es con la utilización de fibras.

Cuadro 22. Comparación de Tiempos

EDT	PROYECTO CON MALLA	131 días	PROYECTO CON MACRO FIBRA	129 días
1	Inicio de obra	0 días	Inicio de obra	0 días
			Modelo BIM	129 días
1.1	Alistamiento	6 días	Alistamiento	6 días
	Alistamiento	6 días	Alistamiento	6 días
1.2	Contrafuertes	2 días	Contrafuertes	2 días
	Contrafuertes	2 días	Contrafuertes	2 días
1.3	Cimentación	18 días	Cimentación	18 días
	Zapatas rectangulares	13 días	Zapatas rectangulares	13 días
	Pilares	5 días	Pilares	5 días
1.4	Vigas Cimentación	18 días	Vigas Cimentación	18 días
	Vigas cimentacion	18 días	Vigas cimentacion	18 días
1.5	Placa Piso	20 días	Placa Piso	19 días
	Bgranular	12 días	Bgranular	12 días
	Malla 1er piso	2 días	Fibraplas	1 día
	Losa 12 cm	4 días	Losa 12 cm con Fibra	4 días
	Losa 10 cm	2 días	Losa 10 cm	2 días
1.6	Columnas	6 días	Columnas	6 días
	Columnas	6 días	Columnas	6 días
1.7	Vigas aereas	8 días	Vigas aereas	8 días
	Vigas aereas	8 días	Vigas aereas	8 días
1.8	Escaleras	7 días	Escaleras	7 días
	Escaleras	7 días	Escaleras	7 días
1.9	Placa Aerea	7 días	Placa Aerea	6 días
	Steel deck	3 días	Steel deck	3 días
	Malla 2do Piso	2 días	Fibraplas	1 día
	Placa aerea	2 días	Placa aerea	2 días
1.10	Vigas Cubierta	9 días	Vigas Cubierta	9 días
	Vigas Celosias	9 días	Vigas Celosias	9 días
1.11	Cubierta	5 días	Cubierta	5 días
	Cubierta	5 días	Cubierta	5 días
1.12	Muros cerramiento	7 días	Muros cerramiento	7 días
	Muros cerramiento	7 días	Muros cerramiento	7 días
1.13	Fachadas	18 días	Fachadas	18 días
	Fachada 1er Piso	18 días	Fachada 1er Piso	18 días

Fuente: Elaboración propia

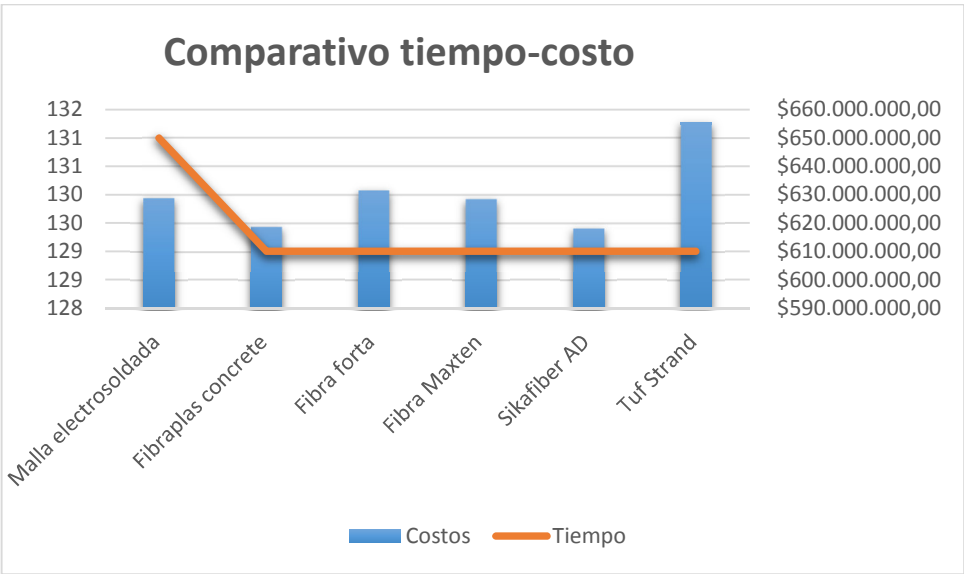
Figura 31. Comparación de tiempos



Fuente: Elaboración propia

En la relación costo – tiempo se aprecia que la opción más viable es utilizar macrofibras y para este caso específico del concesionario Ford, se debe utilizar macrofibras de Sikafiber AD.

Figura 32. Evaluacion de los costos y tiempos de las diferentes alternativas.



Fuente: Elaboración propia

Al crear los presupuestos y las programaciones con diferentes alternativas, se evidencia como el costo directo puede depender de distintas variables que a nivel económico y financiero pueden resultar muy atractivas, la sostenibilidad a largo plazo de cualquier organización depende de las estrategias para el uso de los recursos y de la implementación de nuevas tecnologías no solo en maquinaria sino también en la de los materiales.

Este trabajo plantea un modelo de uso práctico en las losas de concreto, permitiendo analizar el costo con el uso de otro material y que cumpla con todas las especificaciones técnicas para su implementación. Adicionalmente la metodología BIM permite reducir el grado de incertidumbre en los procesos constructivos, recortar la variabilidad en el cálculo de cantidades y verificar los errores de diseño inicial.

5.4 ANALIZAR LA UTILIDAD GENERADA EMPLEANDO MACRO FIBRAS EN CONCRETO Y SU IMPLEMENTACIÓN CON LA METODOLOGÍA BIM

A partir de la evaluación financiera se busca establecer la viabilidad económica en el proyecto, con la adición de macrofibras sintéticas en reemplazo del refuerzo convencional con malla electrosoldada. En los presupuestos se evidencian las diferencias en los totales frente al costo directo del proyecto. El estudio de un proyecto de inversión, busca establecer los recursos necesarios para su ejecución, los costos operacionales y la producción en su vida útil.

La evaluación financiera de proyectos de inversión requiere realizar un análisis exhaustivo de las alternativas, en este caso las propuestas para el uso de macrofibras y la metodología BIM y que coincidan con los objetivos empresariales para la creación de valor mediante la toma de decisiones óptimas y coherentes.

Cuando una persona, natural o jurídica, se enfrenta a la toma de decisiones para invertir en uno o varios proyectos, debe evaluarlos para minimizar el riesgo en el cual incurre. La tasa Interna de Retorno o TIR, el valor Presente Neto o VPN, la relación Beneficio Costo o R B/C son uno de los ítems contemplados en este análisis.

El Valor Presente Neto “es el resultado de descontar (traer a valor presente) los flujos de caja proyectados de una inversión a la tasa de interés de oportunidad o costo de capital y sustraerle el valor de la inversión”⁴². De este modo el método del VPN es uno de los más utilizados en evaluación de proyectos y en valoración de empresas, pues permite valorar en el momento cero los flujos futuros.

Se puede definir la Tasa Interna de Retorno (TIR) como “la tasa de interés que hace el VPN sea igual a cero, o también, la tasa de interés que iguala el valor presente

⁴² ROSILLO, Jorge. Matemáticas financieras para decisiones de inversión y financiación. Cengage Learning Editores. Bogotá. 2009.

de los flujos descontados con la inversión”⁴³. La TIR mide la rentabilidad o retorno porcentual de la inversión promedio por periodo y es una medida muy útil pues permite hacer un símil directo con tasas comparativas.

El valor presente neto depende de las siguientes variables:

- Inversión inicial previa
- Inversiones durante la operación
- Flujos netos de efectivo
- Tasa de descuento
- Numero de periodos que dura e proyecto

$$VPN = -S_o + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}$$

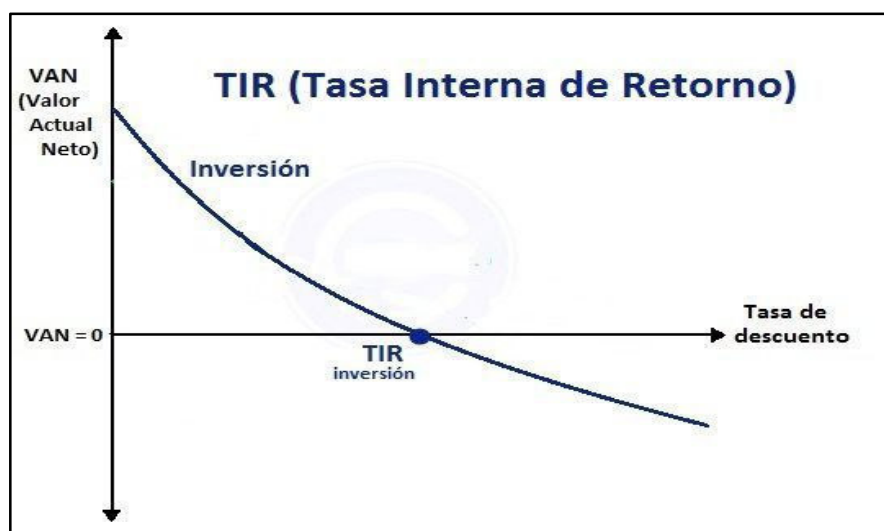
- VPN= Valor presente neto
- So = Inversión inicial
- St= Flujo de efectivo neto del periodo t
- n= Numero de periodos del proyecto
- i= Tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA)

El cálculo de la TIR sería igualar la tasa de descuento al momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, lo que haría que el VPN sea igual a 0. Con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} VPN &= -S_o + \sum_{t=1}^n \frac{st}{(1+TIR)^t} = \\ &= -S_o + \frac{S1}{(1+TIR)^1} + \frac{S2}{(1+TIR)^2} + \frac{S3}{(1+TIR)^3} + \frac{Sn}{(1+TIR)^n} = 0 \end{aligned}$$

⁴³ MEZA, Orozco, J. d. Evaluación Financiera de Proyectos. Bogotá D.C.: ECOE EDICIONES. 2010.

Figura 33. Representación de la TIR



Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

El proyecto cuenta con una extensión de seis meses los cuales inician con la ejecución de los estudios y trámites respectivos y a partir del segundo mes se inicia con la construcción del proyecto.

5.4.1 FLUJO DE CAJA

Para determinar la evaluación financiera del proyecto, es necesario realizar el flujo de caja del proyecto. Aquí se representa, la inversión inicial, la inversión durante su ejecución, los ingresos y egresos. En el flujo de caja también es importante resaltar otros valores anexos al proyecto como la existencia de impuestos, inversiones adicionales, entre otros.

Cuadro 23. Flujo de Inversiones

Descripción	1	2	3	4	5	6
Flujo de Inversiones						
Estudio de suelos	\$ 4.500.000					
Levantamiento topográfico		\$ 5.950.000				
Diseños arquitectónicos		\$ 9.520.000				
Diseño estructurales		\$ 9.520.000				
Total Flujo de Inversion	\$ 4.500.000	\$ 24.990.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

Fuente: Elaboración propia

5.4.2 COSTOS Y GASTOS DE OPERACIÓN

Son los costos relacionados directamente con la construcción de la obra, tales como materiales y mano de obra, con sus respectivas prestaciones, la inversión en el tiempo de estos costos resulta de la planeación y elaboración del cronograma (Project) de ejecución de la obra.

En el siguiente cuadro se incluyen las cantidades estimadas para las actividades de construcción del proyecto.

Cuadro 24. Gastos de Construcción

Descripción	1	2	3	4	5	6
Alistamiento		\$ 8.412.102				
Contrafuertes en ciclopeo		\$ 1.944.626				
Zapatas Rectangulares		\$ 11.339.868				
Acero de Zapatas						
Zapatas trapezoidales		\$ 13.706.296				
Acero de Zapatas						
Pilares		\$ 8.660.197	\$ 8.660.197			
Acero de Pilares						
Vigas Cimentación		\$ 21.424.038	\$ 21.424.038			
Acero de Vigas						
Base Granular 20 cm			\$ 13.159.550			
Base Granular 22 cm			\$ 3.704.722			
Sikafiber AD			\$ 4.360.969			
Placa 12 cm			\$ 47.311.648			
Placa 10 cm			\$ 10.084.362			
Escaleras				\$ 12.587.280		
Columnas IPE			\$ 41.502.162			
Vigas segundo piso				\$ 70.245.478		
Steel deck				\$ 24.577.640		
Sikafiber AD				\$ 1.184.895		
Placa 2do piso				\$ 15.594.758		
Vigas Cerchas					\$ 36.175.630	
Vigas celosías					\$ 29.821.767	
Cubiertas					\$ 78.396.095	
Muros					\$ 36.304.119	
Fachadas Vidrios					\$ 63.182.936	
Modelo Bim	\$ 34.500.000					
Total Costos	\$ 34.500.000	\$ 65.487.126	\$ 150.207.647	\$ 124.190.051	\$ 243.880.547	\$ -

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25. Gastos de Servicios y Pólizas

<i>Gastos</i>						
Servicios Publicos	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00	
Utiles y Papeleria	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	\$ 300.000,00	
Polizas	\$ 4.000.000,00					
Total Gastos Generales	\$ 5.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000	\$ -

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26. Gastos de Personal (Modelación BIM)

Descripción	1	2	3	4	5	6
Gerente BIM	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	
Residente de BIM		\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	
Diseñador BIM	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	
Total Gasto de Personal	\$ 7.000.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000	\$ -

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro se presenta el resumen del flujo de inversión

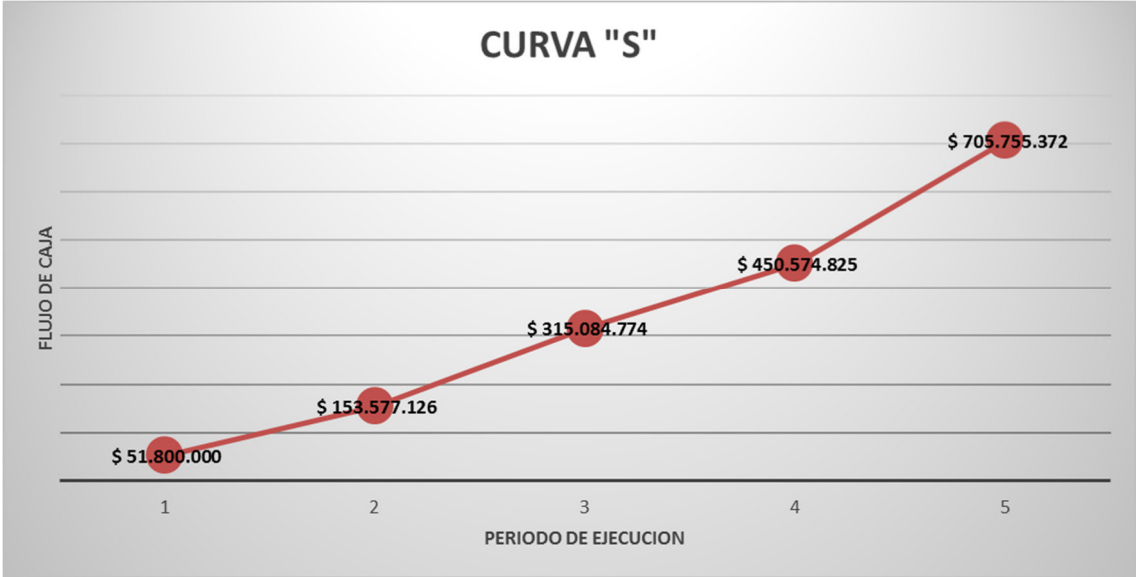
Cuadro 27. Resumen Flujo de Inversión

Período	1	2	3	4	5
Estudios	\$ 4.500.000	\$ 24.990.000	\$ -	\$ -	\$ -
Modelo BIM	\$ 34.500.000				
Costos de Construccion		\$ 65.487.126	\$ 150.207.647	\$ 124.190.051	\$ 243.880.547
Total Gastos Generales	\$ 5.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Total Gasto de Personal	\$ 7.000.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000	\$ 9.500.000
FLUJO DE INVERSION	\$ 51.800.000	\$ 101.777.126	\$ 161.507.647	\$ 135.490.051	\$ 255.180.547
ACUMULADO INVERSION	\$ 51.800.000	\$ 153.577.126	\$ 315.084.774	\$ 450.574.825	\$ 705.755.372

Fuente: Elaboración propia

De los datos obtenidos se genera la curva "S", la cual muestra la línea base del desempeño esperado del proyecto, partiendo de un gasto cero al inicio del ejercicio y concluyendo con el 100% del gasto en la fecha última del cronograma.

Figura 34 Curva "S" del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

5.4.3 INGRESOS

Los ingresos están representados por los pagos que se reciben en el período de ejecución de las obras, se estimó un anticipo del 25%, dos pagos en el tercer y quinto mes y un pago final a la terminación de la obra.

Cuadro 28. Flujo de Operaciones

Flujo de Operaciones						
Ventas						
Cantidades						
Precios Unitarios	\$ 200.000.000		\$ 200.000.000		\$ 200.000.000	\$ 200.000.000
Total de Ingresos	\$ 200.000.000	\$ -	\$ 200.000.000		\$ 200.000.000	\$ 200.000.000

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 CALCULO DEL VPN Y LA TIR

Los métodos de evaluación que utilizan la actualización o descuento de los flujos futuros de efectivo, proporcionan bases objetivas para seleccionar y jerarquizar los

proyectos de inversión.

Uno de los métodos aplicados es el cálculo del valor presente neto (VPN), también conocido como valor actual neto (VAN), el cual permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.⁴⁴

Cuadro 29. Determinación del VPN y TIR

Utilidad Operacional	\$ 148.200.000	\$ (101.777.126)	\$ 38.492.353	\$ (135.490.051)	\$ (55.180.547)	\$ 200.000.000
Impuestos	\$ 48.906.000	\$ -	\$ 12.702.476	\$ -	\$ -	\$ 66.000.000
Utilidad Neta	\$ 99.294.000	\$ (101.777.126)	\$ 25.789.876	\$ (135.490.051)	\$ (55.180.547)	\$ 134.000.000
Flujo de la Operación	\$ 99.294.000	\$ (101.777.126)	\$ 25.789.876	\$ (135.490.051)	\$ (55.180.547)	\$ 134.000.000
FCFF	\$ 94.794.000	\$ (126.767.126)	\$ 25.789.876	\$ (135.490.051)	\$ (55.180.547)	\$ 134.000.000
FCFF	\$ 94.794.000	\$ (126.767.126)	\$ 25.789.876	\$ (135.490.051)	\$ (55.180.547)	\$ 134.000.000
VPN						\$ 82.235.819
TIR						63,95%

Fuente: Elaboración propia

5.5 RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MACRO FIBRAS Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM

5.5.1 RECOMENDACIONES TECNICAS

- ✓ Se debe tener conocimiento sobre las diferentes macrofibras, su composición y si dentro de las propiedades adjuntas en sus fichas técnicas cumple para el reemplazo de la malla electrosoldada.
- ✓ El mercado ofrece una variedad de alternativas, según el requerimiento propio de la estructura, es por ello que se debe realizar una clasificación de las fibras desde el punto de vista del material con que están hechas, desde su funcionalidad, geometría y dosificación.
- ✓ Teniendo en cuenta que la dosificación depende directamente del volumen de concreto, es importante tener claro estas cantidades.
- ✓ Se debe revisar las garantías ofrecidas por lo proveedores, así como su acompañamiento en la etapa de diseño, así como en el momento de ejecutar

⁴⁴ ABREO Ortega, Johana; REAL Gómez, Felipe; Estudio Técnico y Financiero Para la Construcción de la Unidad Residencial Álamos Parque en el Municipio de Barrancabermeja; Universidad Industrial de Santander; 2013

las labores de construcción, situación relevante en el momento de tomar la decisión sobre la fibra a utilizar.

- ✓ Si es placa de entrepiso con Steel deck se debe verificar el tipo de concreto y el espesor real para cálculo de volumen de concreto.
- ✓ Si el diseño está contemplado con el uso de malla electrosoldada, se debe contar con el aval del ingeniero diseñador para proceder con reemplazo por macrofibras.

5.5.2 RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL BIM

- ✓ Para la elaboración de presupuesto o programación con cualquier tipo de macrofibra es importante conocer la dosificación por m³ de concreto y adicionalmente tener presente el precio por kg de macrofibra.
- ✓ Para la implementación con la metodología BIM, se debe tener los planos estructurales y arquitectónicos del proyecto.
- ✓ Se deben conocer los tiempos de ejecución en cada proceso para la inclusión de cronograma en Project
- ✓ Se debe tener los presupuestos con el uso de macrofibras
- ✓ Al relacionar el modelo 3d de Revit con la programación y presupuesto del proyecto se podrá evidenciar con más certeza el costo y tiempo del proyecto, a través del programa Navisworks.

6. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

Con la propuesta desarrollada en este trabajo de grado, se opta como estrategia de comunicación mediante la inclusión en la biblioteca de la universidad para que sirva como punto de partida para implementaciones en la materia, así como también para futuras investigaciones.

A través del Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería-Coniiti, en el cual se da el espacio para presentar propuestas innovadoras, así como enfoques para transformar actividades que vienen ejecutándose de forma tradicional, sería muy importante ampliar el conocimiento e implementación en la utilización de las macrofibras en los procesos de construcción.

7. NUEVAS AREA DE ESTUDIO

Las fibras se adicionan al concreto normalmente en bajos volúmenes y han mostrado eficiencia en el control de la fisuración por contracción. Como se ha descrito en el presente trabajo las fibras utilizadas en el concreto generalmente son metálicas, sintéticas, vidrio, de materiales naturales (celulosa de madera) y sistemas múltiples, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.⁴⁵ Por lo cual existen diferentes áreas de estudio a nivel técnico y económico para involucrar este material. Evidenciándose su uso diferente estructuras tales como pavimentos rígidos, elementos prefabricados, revestimiento de túneles con concreto lanzado, piscinas y pisos industriales entre otros.

Las diferentes fibras, vienen clasificadas en dos grupos, por material (Sintéticas, metálicas, vidrio) y por tamaño (Macrofibras, microfibras), sus usos, la dosificación, la composición son temas que pueden involucrarse en nuevas investigaciones y que podrían modelarse con la metodología BIM. La implementación de un material que genera disminución en el tiempo de ejecución de una obra, es una alternativa latente para los gerentes en todo tipo de proyectos en los cuales se puedan involucrar. No solamente el tiempo y el costo, sino también evitar sobre costos en posventas por la fractura de los elementos en concreto reforzados con malla o acero.

Los estudios pueden embarcar metodologías exploratorias a través de la investigación de las diferentes macrofibras ya que se despliega un número significativo de variables que podrían analizarse a nivel económico.

⁴⁵ ARGOS, Las fibras en el concreto

8. CONCLUSIONES

Después de hacer el análisis para la incorporación de las macrofibras en el concreto, se encontró la diferencia entre los presupuestos, demostrando que de las cinco macrofibras analizadas tres presentan un menor costo, dando un promedio del 1.18% de diferencia económica vs la malla electrosoldada. El análisis comparativo en costo y tiempo no incluye el uso de la metodología BIM ya que este modelado hace parte de una centralización de toda la información de manera geométrica, en costo y tiempo pero representa una variable directa del proyecto.

Desde el punto de vista gerencial y frente a la pregunta de investigación, una vez realizado el comparativo entre el uso de macrofibras y malla electrosoldada, se recomendaría el uso de macrofibras sintéticas ya que el costo de su implementación es más bajo y se reduce el tiempo de ejecución de las placas de piso del proyecto.

Para el caso de estudio se recomendaría usar las macrofibras de Fibraplas Concrete o la SikaFiber, que arrojan un costo similar y con las cuales se obtiene un porcentaje de ahorro del 1.7% correspondiente a diez millones de pesos en costo directo aproximadamente, así mismo en tiempo se tiene un recorte de dos días en la ejecución del proyecto.

Aunque las demás fibras cumplen con los requerimientos técnicos, el costo es mayor ya que son fibras importadas, sin embargo, de manera general es importante tener en cuenta que para el uso de cualquier tipo de macrofibra se debe elegir pensada en el elemento a reforzar.

Es importante para la implementación de macrofibras que se tenga un aval de uso desde la concepción del proyecto y va directamente implicado al diseño, esto permite mitigar el riesgo a nivel técnico, ya que el diseñador puede sugerir la dosificación y el tipo de macrofibra a usar desde sus cálculos de cuantías.

Referente a la implementación de la metodología BIM, es importante resaltar que permite realizar un análisis sobre el estado del proyecto en cada una de sus etapas de vida, por lo cual no solo es significativo su uso en el periodo de diseño y presupuesto, sino también en la fase de construcción; teniendo una concepción más detallada del proyecto. Sin embargo, para nuestro trabajo de grado la metodología BIM fue implementada para evidenciar el comportamiento del proceso constructivo a partir de la unificación de varias disciplinas y evitar el reproceso por errores de diseño. La información utilizada en el desarrollo metodológico del BIM no acentúa la variabilidad en el costo con su uso, sino solamente proyecta una visualización en 5 dimensiones.

Para la adopción de la metodología BIM se puede presentar una limitación frente a los costos, teniendo en cuenta que para su implementación se debe realizar una inversión inicial en adquisición de los diferentes programas y de equipos que cumplan con las características específicas para el desarrollo del trabajo. Para el trabajo realizado se representa en los cuadros 20 y 21 el costo que implica la implementación del BIM en este modelo por un valor de \$ 34.500.000. Ya que nuestro modelo no incluye todas las áreas de diseño como hidrosanitario, eléctrico, acabados entre otros, se hace evidente un alto costo, pero si se analiza un proyecto de alta envergadura no resulta representativo.

En conclusión y con relación a la evaluación financiera, una vez realizado el flujo de caja se concluye que al tener los gastos del proyecto por valor de setecientos cinco millones, enmarcados en los estudios y diseños por valor de veinte nueve 29 millones, los costos de oficina por valor de trece millones, los costos derivados de nómina de personal por valor de 45 millones y la inclusión de la implementación de la metodología BIM valorado en 34.5 millones y destacando que el costo de las Macrofibras para las placas por valor de 6 millones, representaría para el flujo de caja un Valor Presente Neto VPN de 82 millones en utilidad y una TIR positiva del 64%, donde se ve reflejado que al tener los gastos de todo el proyectos de construcción, estudios y diseños, oficina y nómina de personal y adicional a los costos metodología BIM y macrofibras, se obtiene un beneficio de utilidad en el proyecto, sin contar las optimizaciones de costos y tiempos en la ejecución de los proyectos de construcción con metodología BIM y las Macrofibras de concreto, siendo viable tanto para la programación en proyectos de construcción y en la utilidad empresarial.

Finalmente, y de carácter informativo queremos resaltar la importancia de la implementación de la metodología BIM teniendo en cuenta los avances que se han realizado en el sector privado e igualmente el desarrollo de esta metodología en entidades públicas, obligando a que como gerentes de obra sea de suma importancia contar con las bases de los conocimientos para su desarrollo.

9. BIBLIOGRAFIA

1. ABACOL. Macrofibras sintéticas para el concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3, febrero, 2020]. Disponible en Internet: < URL: http://www.abacol.co/assets/fibraplas-concrete_libro_baja.pdf>
2. ABDELMEGIDA, M; GONZÁLEZ, V; POSHDAR, M; SULLIVAN, M; WALKER, C and YING, F. Barriers to adopting simulation modelling in construction industry. En: Automation in Construction. March, 2020. Vol. 111, No. 23,p.33
3. ABREO Ortega, Johana; REAL Gómez, Felipe; Estudio Técnico y Financiero Para la Construcción de la Unidad Residencial Álamos Parque en el Municipio de Barrancabermeja; Universidad Industrial de Santander; 2013
4. AFZAL, Muhammad; LIU, Yuhan; CHENG, Jack, C ; GAN, Vincent, J. Reinforced concrete structural design optimization: A critical review. En: Journal of Cleaner Production. July, 2020. Vol. 260,p.33
5. ALANI, Amir; BECKETT, Derrick. Mechanical Properties of a Large scale Synthetic Fiber Reinforced Concrete Ground Slab, En: Construction and Building Materials, April 2013. Vol. 7, vol. 7, No. 22,p. 335
6. ALIBABA. Fibra de vidrio. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <https://spanish.alibaba.com/>>
7. AL-ASHMORI, Yasser Yahya; OTHMAN, Idris; RAHMAWATI Yani; RAHMAWATI, Mugahed; ABO SABAH, S; RAFINDADI, Aminu and MIKIC, Miljan. BIM Benefits and its Influence on the BIM Implementation in Malaysia. En: Ain Shams Engineering Journal, Elsevier BV on behalf of Faculty of Engineering. June, 2014.Vol 56. No. 29,p.33
8. ALSABBAGH, Ahmedz; WTAIFE, Salam; SHABAN, Ala; SUKSAWANG, Nakin and ALSHAMMARI, Emad. Enhancement of Rigid Pavement Capacity Using Synthetic Discrete Fibers. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Article number 012033
9. ALTALABANI, D; BZENI, D and LINSEL, S. Mechanical properties and load deflection relationship of polypropylene fiber reinforced self-compacting lightweight concrete. En: Construction and Building Materials. Augus, 2019. Vol. 252, No. 33.p.65.

10. AMAYA, Santiago y RAMIREZ Miguel. Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Trabajo de grado, 2019, p12
11. ARAM, Shiva; EASTMAN, Charles and SACKS, Rafael. Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain. En: Automation in Construction. November. 2013. Vol.35, No. 45, p.5
12. ARGOS 360. Concreto con macrofibras. Bogotá: 2016, p.72.
13. AVILA, Antonio Martin. Análisis de proyectos de construcción. Bogotá: Norma editores, 2017,p.67
14. CTRES. Fibra sintética. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet : < URL: <http://www.ctres.mx/>>
15. CONSTANTINO, R.A; LOPES, Neto; NÓBREGA, M; DO NASCIMENTO, J; DA SILVA, J. Fiber-reinforced Concrete for the Flat Bottom of Silos. En: Engenharia Agricola e Ambiental. April, 2019. Vol.24, No. 63, p.274
16. CHEN, Yue; CEN, Guoping and CUI, Yunhua. Comparative study on the effect of synthetic fiber on the preparation and durability of airport pavement concrete. En: Construction and Building Materials. November, 2018. Vol. 184, No. 64.p. 34.
17. CHO YS., LEE SI, BAE JS. Reinforcement placement in a concrete slab object using structural building information modeling. En: Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, February 2014. p.47
18. DE LA FUENTE, Albert; ESCARIZ, Renata; DE FIGUEIREDO, Antonio; AGUADOA, Antonio. Design of macro-synthetic fibre reinforced concrete pipes. En: Construction and Building Materials. June, 2013. Vol. 43, No. 72.p. 52
19. PARRA Diettes, Silvia; VECINO Carlos Alberto; Utilización de Tecnologías BIM en el Modelado y Simulación del Proceso Constructivo de Edificaciones en Altura; Universidad Industrial de Santander.2014
20. FOUNTAIN, James; LANGARA, Sandeep. Building Information Modeling (BIM) Outsourcing Among General Contractor; En: Automation in Construction. November, 2018.Vol.95, No. 21,p.107
21. GETULIA Vito, CAPONE Pietro, BRUTTINI Alessandro, ISAAC Shabtai. BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A

safety-oriented approach. En: Automation in Construction. June, 2019. Vol.114, No. 56,p. 29

22. GUERINI, Verónica; CONFORTI, Antonio; PLIZZARI, Giovanni; KAWASHIMA, Shiho. Influence of Steel and Macro-Synthetic Fibers on Concrete Properties. Texas: Mc Graw Hill, 2018.p.54.
23. HAITAO, Wei; SHUNYI, Zhenga; LIKE, Zhao; RONGYONG, Huang. BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction. En: Automation in Construction. June, 2017. Vol 78, No.26, p.62.
24. HAMOONI, Morteza; MAGHREBI, Mojtaba; MAJROUHI SARDROUD, Javad; KIM, Sungjin. Extending BIM Interoperability for Real-Time Concrete Formwork Process Monitoring. Texas, 2017.p.43.
25. HARDY, Nell; FOSTER, Stephen; COX, Ron; VALI, Hamid; GOUDARZI, Pour and AMIN, Ali. Investigation into the use of macro synthetic fibre reinforced concrete for breakwater armour units. En: Coastal Engineering. October, 2018. Vol. 140, No. 56.p.60
26. HOW TO BUIL DATA HOUSE. ¿Cómo construir una casa? [en línea]. Bogotá: El sitio [citado 28, agosto, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <http://www.howtobuildahouseblog.com/#axzz6MTODt2v7>>
27. ISTOCK. Materiales de acero. [en línea]. Bogotá: El sitio [citado 29, marzo, 2018]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.istockphoto.com/>>
28. KAIZEN ARQUITECTURA E INGENIERIA. ¿Qué es el BIM? [en línea]. España: El sitio [citado 28, agosto, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>>
29. KOTECHA, Payal and ABOLMAALI, Ali. Macro synthetic fibers as reinforcement for deep beams with discontinuity regions: Experimental investigation. En: Engineering Structures. December, 2019. Vol.200, No.5, p.19.
30. KOTZE, D and WIUM, A. Structural design constructability verification using BIM.20th Congress of IABSE, En: The Evolving Metropolis – Report 2019, Pages 1574-157920th IABSE Congress, New York City ,
31. LERCH, J; BESTER; S; VAN ROOYEN, D; COMBRINCK, R.; DE VILLIERS, W; BOSHOFF;W. The Effect of Mixing on the Performance of Macro Synthetic Fibre Reinforced Concrete. En: Cement and Concrete Research. Jan, 2018. Vol.103, No. 21, p.130

32. LERCH, J; VAN ROOYEN, A; COMBRINCK, R; DE VILLIERS, W and BOSHOFF, W. The effect of mixing on the performance of macro synthetic fibre reinforced concrete. En: Cement and concrete research. June, 2018. Vol. 103, No. 103, p.43
33. MARINI, Martino; MASTINO, Constantino; BACCOLI, Roberto y FRATTOLILLO, Andrea. BIM and Plant Systems: A Specific Assessment. En: Energy Procedia. August, 2018. Vol. 148, No. 98, p.623.
34. MATA LLANA RODRÍGUEZ, Ricardo. El concreto, fundamentos y nuevas tecnologías. Bogotá: Corona, 2017. p.56.
35. MEHRBOD, S; STAUB-FRENCH; S and TORY, M. Bim-based building design coordination: Processes, bottlenecks, and considerations, En: Canadian Journal of Civil Engineering, June. 2019. Vol. 47, No, 32, p. 25
36. MEZA, Orozco, J. d. Evaluación Financiera de Proyectos. Bogotá D.C.: ECOE EDICIONES. 2010.
37. ROSILLO, Jorge. Matemáticas financieras para decisiones de inversión y financiación. Cengage Learning Editores. Bogotá. 2009.
38. SIKA, COLOMBIA SAS. Fisuración del concreto y refuerzo secundario. Consideraciones iniciales. Bogotá: Sika Colombia, 2028.p.33.
39. SIKA. "Sika Informaciones técnicas – Concreto reforzado con fibras" [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 3 junio, 2019]. Disponible en Internet: < URL: <http://es.scribd.com/doc/63523105/SIKAFIBRA>>
40. THE CONSTRUCTOR. Losa en concreto con malla electro soldada [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet : < URL: <https://theconstructor.org/>>
41. TOIRAC, José. Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón origen y prevención. En: Ciencia y Sociedad. Enero-marzo, 2004. Vol.29, No.9, p.72
42. TORRES Vargas, Diego Alexander; Determinación de la Resistencia Residual Promedio (Análisis Postfisuración) del Concreto Reforzado con Fibra Sintética de PET+PP; Universidad Católica de Colombia. 2017
43. TOXEMENT. Maxten. Macro fibra sintética para reemplazar malla electro soldada. [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 21, abril, 2018]. Disponible en Internet : < URL: <http://www.toxement.com.co/media/3743/maxten.pdf>>

44. XARGAY H., RIPANI M., CAGGIANO A., FOLINO P., MARTINELLI E. (2019).
Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. *Tecnura*, 23(60),
38-51. DOI
45. YANG, Jyh-Bin and CHOU, Hung-Yu. Subjective benefit evaluation model for
immature BIM-enabled stakeholders. En: *Automation in Construction*.
Volume 106, October 2019